ГЛАВНОЕ УПРАВЛЕНИЕ ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКОЙ СЛУЖБЫ
ПРИ СОВЕТЕ МИНИСТРОВ СССР

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ОКЕАНОГРАФИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ

РУКОВОДСТВО ПО ГИДРОЛОГИЧЕСКИМ РАБОТАМ В ОКЕАНАХ И МОРЯХ

ИЗДАНИЕ ВТОРОЕ, ПЕРЕРАБОТАННОЕ
И ДОПОЛНЕННОЕ

Ленинградский
Гидрометеорологический ин-т
БИБЛИОТЕКА
Л-д 195196 Малоохтинский пр., 98

ГИДРОМЕТЕОИЗДАТ • ЛЕНИНГРАД • 1977

УДК 551.46.0

Одобрено Главным управлением гидрометеорологической службы при Совете Министров СССР

В Руководстве излагаются вопросы организации экспедиционных работ в открытом океане и методы наблюдений на поверхности и в толще воды за температурой, соленостью, прозрачностью и цветом морской воды, морскими течениями, волнами, подводной освещенностью, выполняемые с экспедиционных судов и самолетов. Описываются необходимые для наблюдений приборы, аппаратура, вспомогательное оборудование и другие устройства, применяемые современными океанографическими судами, в частности описываются постановки автономных буйковых станций. Излагаются также методы первичной обработки наблюдений, в том числе с использованием ЭВМ и даются стандартные формы отчетной документации.

Второе издание существенно отличается от первого большей полнотой и современным уровнем применяемых технических средств.

Руководство предназначено для широкого круга специалистов-океанографов, планирующих, контролирующих, участвующих и выполняющих экспедиционные работы на морях и океанах. Оно может быть также использовано в вузах и техникумах в качестве учебного пособия по практической океанографии.

Р $\frac{20806\text{-}005}{069(02)\text{-}77}$ 67-77

© Главгидрометслужба, 1977 г.

ПРЕДИСЛОВИЕ КО ВТОРОМУ ИЗДАНИЮ

Второе издание Руководства, сохраняя преемственность, все же существенно отличается от первого большей полнотой и новизной излагаемых вопросов.

В него вошли новые разделы, относящиеся к описанию методов определения радиоактивности воздуха, воды и донных отложений, турбулентного взаимодействия воздуха и воды, методов автоматизированной обработки океанографической информации с использованием ЭВМ; приводится подробная схема составления научно-технического отчета об экспедиции и рейсового донесения; даются представления об авиационных методах наблюдений за течениями, волнением и температурой поверхности моря. В Руководстве описываются новые приборы и автоматические станции, в частности: батометры большого и малого объема, батитермограф разового действия, термогалинозонд-батометр, новые волнографы, автоматические станции «Скат», ГМ-33 и др.

Руководство составлено в Государственном океанографическом институте под руководством и редакцией кандидата технических наук Г. С. Иванова.

В его составлении приняли участие: Государственный океанографический институт — А. Н. Овсянников (гл. 15, 17, 18), Н. Т. Филатов (гл. 8 и 11), И. Ф. Кириллов и Ю. С. Токуев (гл. 12), Б. А. Максимов (разделы 13.3—13.7), В. В. Виноградов (разделы 10.1—10.3, 13.9, 13.10, гл. 19), И. В. Киреев (13.8), Г. С. Иванов и Л. А. Зайцев (гл. 1, 2), Г. С. Иванов (13.1, 13.2); Л. Н. Добровольская (гл. 26); Дальневосточный гидрометеорологический институт ГУГМС — В. П. Тунеголовец, В. В. Покудов, Л. К. Конопкин и К. О. Вяльяотс (гл. 3, 4, 5, 6, 7); Морской гидрофизический институт АН УССР — Г. Г. Неуймин и В. И. Маньковский (гл. 14), А. Е. Ерошко, В. С. Назаров (гл. 21), В. И. Забурдаев (гл. 22), В. В. Ефимов и А. А. Сизов (гл. 23); Институт экспериментальной метеорологии ГУГМС — С. М. Вакуловский, Е. Н. Давыдов, В. Б. Чумичев и Ю. В. Краснопевцев (гл. 24); Всесоюзный научно-исследовательский институт гидрометеорологической информации — Мировой центр данных — Д. М. Филиппов (гл. 25, п. 3.9), Ю. И. Беляев (3.8); Арктический и антарктический научно-исследовательский институт ГУГМС — Г. А. Баскаков, Н. Ф. Кудрявцев, О. П. Красиков (20.4, 20.7, 20.8), Ю. К. Алексеев (11.3, 15.2, 15.3), М. В. Извеков (гл. 9); Институт земного магнетизма, ионосферы и распространения радиоволн — В. В. Новыш (гл. 16); Институт океанологии АН СССР — К. Т. Богданов и В. А. Ширей, а также В. А. Головастов (ДВ НИГМИ) (гл. 20.1—20.3, 20.5, 20.6, 20.9, 20.10).

ПРЕДИСЛОВИЕ К ПЕРВОМУ ИЗДАНИЮ

В Руководстве излагаются вопросы организации экспедиционных работ в открытом океане и методы наблюдений на поверхности и в толще воды за температурой, соленостью, прозрачностью и цветом морской воды, за морскими течениями, волнами и подводной освещенностью, выполняемые с экспедиционных судов. Описываются необходимые для наблюдений приборы, аппаратура, вспомогательное оборудование и другие устройства, применяемые современными океанографическими судами; в частности, описываются постановки автоматических буйковых станций. В Руководстве излагаются также методы первичной обработки наблюдений и даются стандартные формы отчетной документации.

Описанные методы наблюдений и обработки следует рассматривать как рекомендуемые для применения всем организациям СССР, ведущим экспедиционные океанографические исследования.

В настоящем Руководстве отражена преемственность по отношению к изданному более 12 лет тому назад «Руководству по производству работ на стандартных гидрологических разрезах и морских гидрологических съемках» (1954 г.), однако оно существенно отличается от последнего большей полнотой и современным уровнем применяемых технических средств.

Наблюдения над уровнем открытого моря, ледовыми явлениями, акустическими, электрическими и гидрохимическими характеристиками океанических и морских вод в Руководстве не рассматриваются. При выполнении этих наблюдений следует руководствоваться специальными пособиями.

В составлении Руководства принимали участие океанографические научные учреждения Главного управления Гидрометслужбы СССР, Академии наук СССР, Академии наук УССР, Министерства высшего и среднего специального образования СССР.

При окончательном редактировании Руководства были учтены замечания и предложения, внесенные многими научно-исследовательскими институтами (ААНИИ, ДВНИГМИ, ИО АН СССР, МГИ АН УССР), обсерваториями (Мурманской, Черного и Азовского морей), высшими учебными заведениями (ЛГМИ, ЛГУ, МГУ), Гидрографическим управлением Министерства обороны и другими.

Руководство составлено в Государственном океанографическом институте Л. С. Боришанским.

Отдельные параграфы составили: Я. Г. Виленский (ГОИН) — § 53, 75 и 92; В. В. Новыш (ИЗМИРАН) и А. Г. Понсов (ГОИН) — § 54; А. Г. Понсов (ГОИН) — § 55, 56 и 98; В. В. Дремлюг (ЛВИМУ) — § 57, 59 и 99; Б. Л. Лагутин (ГОИН), Н. Ф. Кудрявцев (ААНИИ) и В. А. Ширей (ИОАН) — § 67—72; Г. Г. Неуймин (МГИ АН УССР) — § 77, 79 и 104.

Редактор Руководства И. М. Соскин.

Часть I. ОРГАНИЗАЦИЯ ОКЕАНОГРАФИЧЕСКИХ РАБОТ

Глава 1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О ПОСТАНОВКЕ ОКЕАНОГРАФИЧЕСКИХ РАБОТ В ОТКРЫТОМ МОРЕ

1.1. Задачи гидрологических и гидрохимических наблюдений

Комплекс наблюдений, измерений и обработки, производимый в океанах и морях с целью получения информации о их состоянии и протекающих в них процессах, носит общее название «океанографические работы». Гидрологические и гидрохимические наблюдения в морях и океанах выполняются для своевременного получения необходимой информации о состоянии наблюдаемых элементов для обеспечения народного хозяйства, службы прогнозов и научных целей. Эти наблюдения должны производиться с максимальным использованием стандартных приборов и методов. Наблюденные данные должны быть записаны в журналы установленных форм, сразу же обработаны и переданы в закодированном виде в оперативные органы Гидрометслужбы СССР. По окончании экспедиционных работ должны составляться научно-технические отчеты о выполненных океанографических работах с оценками их результатов и рекомендациями по использованию.

1.2. Стандартные наблюдения и работы

Стандартизация имеет своим назначением единообразие и сравнимость получаемых данных, что является необходимым условием их научного обобщения и практического использования.

Стандартизация океанографических работ распространяется на технические средства и приборы, место проведения работ, горизонты наблюдений, время выполнения наблюдений, методы наблюдений, методы обработки материалов наблюдений и формы представления результатов для хранения, обмена и публикации данных.

Океанографические работы в зависимости от технических средств и приборов, при помощи которых они выполняются, могут быть разделены на следующие.

1. Работы, выполняемые на ходу судна.[1] К этим работам относятся следующие виды:

а) комплекс гидрометеорологических наблюдений, состоящий из наблюдений за облачностью, атмосферными явлениями и состоянием погоды, видимостью, ветром, температурой и влажностью воздуха, температурой воды в поверхностном слое, атмосферным давлением, волнением, опасными и особо опасными явлениями, о которых даются штормовые оповещения (обледенение судна, ветер более 25 м/с, высота волн в океане 8 м и более, туман при видимости 0,5 мили и менее), ледяным покровом при плавании во льдах или вблизи кромки, свечением моря. В зависимости от наличия или отсутствия на судне штатной гидрометстанции и ее разряда комплекс судовых гидрометеорологических наблюдений может быть несколько сокращен или дополнен, что определяется Наставлением гидрометстанциям и постам, вып. 9, ч. II и ч. III;

б) гидрологические, гидрохимические и прочие наблюдения:

— за распределением температуры воды по глубине при помощи батитермографа,

— за течениями в поверхностном слое моря при помощи электромагнитного измерителя течений,

— взятие проб воды на основной химический анализ и загрязнения (преимущественно из поверхностного слоя),

— непрерывная регистрация гидрометеорологических характеристик в пограничных слоях океан—атмосфера,

— специальные и дополнительные наблюдения, например аэрологические, актинометрические, геофизические, акустические, стереофотограмметрическая съемка волн и др.

Основным недостатком наблюдений на ходу судна является сравнительно меньшая точность измерения большинства характеристик по сравнению с измерениями, производимыми с неподвижных и дрейфующих средств, и невозможность повторного (контрольного) наблюдения, поскольку измеряемые характеристики могут значительно изменяться с переменой места судном.

2. Работы, выполняемые с судна, находящегося в дрейфе. Осуществляются все основные глубоководные и поверхностные океанографические наблюдения и работы, т. е. океанографические станции[2], а именно:

— все виды наблюдений, перечисленные в п. 1 (за исключением измерения течений ЭМИТом),

— измерения температуры воды глубоководными опрокидывающимися термометрами и взятие проб воды на стандартных горизонтах от поверхности до дна,

---

[1] Наблюдения с берега и вблизи уреза воды, например за колебаниями уровня моря и пр. здесь не рассматриваются. Эти вопросы рассматриваются в [127].

[2] Географическая точка в море (океане), где производятся океанографические работы, называется океанографической станцией, а последовательный ряд этих станций, расположенных по определенному направлению, выполняемых в кратчайшее время, называется океанографическим разрезом.

— регистрация высот и периодов волн волнографами и стереофотограмметрическая съемка волн,

— измерение прозрачности и цвета воды,

— определение гидрозондами вертикального профиля температуры и солености воды, содержания кислорода, концентрации водородных ионов (pH) и других гидрологических и гидрохимических показателей,

— постановка и снятие автономных буйковых станций с самописцами течений и температуры воды.

При возможности достаточно точного определения элементов дрейфа судна могут выполняться измерения течений при помощи вертушек и самописцев течений.

3. Работы, проводимые с судна, стоящего на якоре. Из-за сложности и длительности процесса постановки судна на якорь (и снятия) в особенности на больших глубинах[1], этот способ применяется в исключительных случаях. Именно, когда главной задачей океанографических работ является измерение течений в мелководных районах с глубинами, не превышающими 50—100 м, и когда необходимо иметь надежные измерения течений в навигационном слое. В этом случае с судна, стоящего на якоре, для измерения течений в навигационном слое применяются поплавки, а в нижележащих слоях— самописцы течений, в том числе дистанционные.

Постановка буйковых станций с самописцами для измерения течений в навигационном слое из-за волновых движений буя не дает надежных данных.

Естественно, что с судна, стоящего на якоре, а также со свайных оснований можно производить все виды наблюдений и работ, указанные в п. 2) и в этом случае эти средства являются наиболее удобными для выполнения большинства океанографических работ.

4. С неподвижных и дрейфующих льдов осуществляются те же виды наблюдений, что и с дрейфующих судов, кроме волнографных измерений. Определяется толщина льда и его физико-химические характеристики. С дрейфующих ледяных полей определяется направление и скорость их дрейфа.

5. С неподвижных и передвижных свайных оснований производятся наблюдения в прибрежных мелководных районах океана и в мелководных морях. Неподвижные основания сейчас уже устанавливаются нефтяниками на глубинах до 100 м, а передвижные можно устанавливать на глубинах до 5—7 м. Свайные основания наиболее удобны для измерения всех гидрологических и метеорологических характеристик, поскольку при волнении влияние качки на показания приборов исключается. На свайных основаниях целесообразно также устанавливать автоматические телеметрические гидрометстанции.

6. Буйковые станции являются основным средством, используемым для постановки автоматических океанографических

[1] Для этого требуется специальная глубоководная якорная лебедка.

приборов на автономную длительную работу продолжительностью несколько дней, недель или месяцев. Основным преимуществом данного метода является возможность получения больших непрерывных рядов инструментальных наблюдений над важнейшими гидрологическими характеристиками: скоростью и направлением течений, температурой и соленостью воды на стандартных и иных горизонтах от поверхности до дна.

Имеются также радиопередающие буйковые станции: радиоизмеритель течений, радиоволнограф, радиоизмеритель ветра и температуры, радиовехи, устанавливаемые на ледяных полях для определения их дрейфа.

В последнее время в СССР и за рубежом разрабатываются и испытываются телеметрические буйковые гидрометстанции, измеряющие и передающие по радио комплексы основных метеорологических и гидрологических элементов в приводном слое и на стандартных горизонтах до глубины 500 м и более. Передача осуществляется автоматически 4—8 раз в сутки или по запросу с береговых центров, судов и искусственных спутников Земли. Таким плавучим автоматическим телеметрическим гидрометстанциям принадлежит ближайшее будущее.

Метод автоматических телеметрических буйковых станций при соответствующем техническом его обеспечении может послужить основой при решении проблемы получения регулярной гидрометеорологической информации с больших акваторий океанов и морей, а в перспективе — со всего Мирового океана.

7. Самолеты и вертолеты применяются для океанографических наблюдений и исследований при необходимости быстрого получения данных о распределении на больших пространствах температуры поверхности моря, распределения течений, волнения и льдов, а также степени загрязненности моря нефтепродуктами.

8. С помощью искусственных спутников Земли производятся наблюдения за движением циклонов и антициклонов, распределением облачности, температуры поверхности Мирового океана и распределением льдов.

В зависимости от масштабов организуемых океанографических работ, состава экспедиционных судов и технических средств перечисленные наблюдения могут быть организованы с полным или частичным применением стандартных методов.

9. С подводных лодок и подводных аппаратов ведутся наблюдения за поведением рыб и других организмов, наблюдается работа измерительных приборов и орудий лова, производится фотографирование и съемка микрорельефа дна, отбор проб и образцов породы и другие работы.

1.3. Единицы измерений

При производстве океанографических работ и наблюдений употребляются преимущественно единицы измерения, принятые международными соглашениями, и, если они отличаются от принятых

Таблица 1.1

Величина	Единица измерения	Обозначение	Примечание
Общего назначения			
Географические координаты	градус минута секунда	° ′ ″	
Скорость движения судна	узел километр в час	уз км/ч	1 м. миля в час
Скорость движения самолета	километр в час	км/ч	
Угол наклона троса	градус	°	
Расстояние между океанографическими станциями	километр морская миля	км м. миля	1 м. миля=1852 м
Скорость движения троса с лебедки	метр в секунду	м/с	
Длина троса	метр	м	
Плавучесть буя	тонна	т	
Геофизическая			
Напряженность геомагнитного поля	эрстед	Э	
Ускорение свободного падения	метр в секунду в квадрате	м/с^2	
Сила тяжести (вес)	ньютон	Н	
Концентрация радиоактивных веществ в морской воде	пикокюри в литре	пКи/л	
Метеорологическая			
Температура воздуха	градус Цельсия	°С	
Влажность воздуха относительная	процент	%	
Влажность воздуха абсолютная	грамм воды в кубическом метре воздуха	г/м^3	
Плотность воздуха		кг/м^3	
Атмосферное давление	миллибар	мбар	Применяется также мм рт. ст.
Тенденция барометрическая	миллибар в час	мбар/ч	
Направление ветра	градус	°	Откуда дует ветер
Скорость ветра	метр в секунду	м/с	
Количество облаков	балл	балл	При 11-балльной системе (0—10)
Высота облаков	метр	м	
Количество осадков	миллиметр	мм	Слой осадков
Дальность видимости	километр метр морская миля	км м м. миля	
Содержание озона в воздухе	сантиметр	см	Толщина слоя озона

Величина	Единица измерения	Обозначение	Примечание
Гидрологическая			
Высота волны	метр	м	
Длина волны	метр	м	
Период волны	секунда	с	
Направление волнения	градус	°	Откуда идут волны
Температура воды	градус Цельсия	°C	
Градиент температуры воды	градус на метр	°C/м	
Направление течения	градус	°	Куда течет вода
Скорость течения	сантиметр в секунду	см/с	
Горизонт наблюдений	метр	м	
Гидростатическое давление	паскаль	Па	
Уровень моря	сантиметр	см	
Соленость воды	промилле	‰	1 грамм солей в 1 килограмме воды
Плотность воды	грамм в кубическом сантиметре	г/см^3	Перевод в единицы СИ: $1 \cdot 10^3$ кг/м^3
Ледовая			
Количество льда	балл	балл	При 11-балльной системе (0—10)
Сплоченность льда	балл	балл	То же
Толщина льда	сантиметр	см	
Скорость дрейфа льда	узел	уз	1 м. миля в час
	сантиметр в секунду	см/с	
Направление дрейфа льда	градус	°	Куда дрейфует
Толщина снега на льду	сантиметр	см	
Оптическая			
Прозрачность воды	метр	м	Глубина исчезновения белого диска диаметром 30 см
Подводная освещенность	люкс	лк	
Солнечная радиация	калория на см^2 в минуту	кал/(см^2·мин)	Перевод в единицы СИ: 4,1868 Дж
Яркость света	кандела на квадратный метр	кд/м^2	
Световой поток	люмен	лм	

Величина	Единица измерения	Обозначение	Примечание
Электрическая			
Электрическое напряжение	вольт	В	
Электрический потенциал	вольт	В	
Электродвижущая сила	вольт	В	
Электрическое сопротивление	ом	Ом	
Электрическая проводимость	сименс	См	
Электрическая емкость	фарада	Ф	
Индуктивность	генри	Г	
Сила тока	ампер	А	
Мощность	ватт	Вт	

в СССР, то используются единицы измерения, утвержденные Госстандартом СССР.

В табл. 1.1 приводятся наиболее распространенные в океанографии единицы измерения.

1.4. Характеристика гидрологических и гидрохимических работ в открытом море

Гидрологические и гидрохимические наблюдения в океанах и морях можно разделить на четыре вида в зависимости от их назначения:

1) наблюдения на вековых разрезах, состоящие из стандартного комплекса измерений гидрологических и гидрохимических характеристик, систематически выполняемые каждый год один раз в сезон или месяц — предназначены для изучения многолетних изменений (векового хода) элементов гидрологического и гидрохимического режима морей и больших акваторий океанов;

2) океанографические съемки по сетке стандартных разрезов и наблюдения на судах погоды и буйковых станциях, регулярно выполняемые для оперативного обеспечения различных отраслей народного хозяйства и службы прогнозов гидрометеорологической и гидрохимической информацией о состоянии гидрометеорологических характеристик океанических акваторий и морей;

3) эпизодические океанографические наблюдения и работы, выполняемые по специальным программам для обеспечения тематики научно-исследовательских работ, в том числе работы на полигонах по синхронному изучению геофизических полей;

4) попутные гидрометеорологические наблюдения, регулярно (4 раза в сутки) осуществляемые штурманским составом на судах Министерств морского флота, рыбного хозяйства и других ведомств — предназначены для оперативной информации о состоянии погоды и моря в районах плавания.

Первые два вида наблюдений относятся к стационарным, они производятся регулярно, как правило, по стандартным программам и в одних и тех же закрепленных местах. Четвертый вид наблюдений также производится регулярно по стандартной программе, но не в закрепленных местах.

Третий вид не связан со стандартной программой и закрепленными местами для наблюдений, он целиком зависит от конкретных задач научных исследований. При этом могут быть использованы первый, второй и четвертый виды наблюдений и если не выдвигается особых требований, руководствуются общими стандартами и методами наблюдений и обработки.

1.5. Расположение стандартных и вековых океанографических разрезов

Изучаемый район моря в зависимости от поставленных задач исследований может быть очень большим и включать области прибрежные и значительно удаленные от берега.

Все море, как правило, можно разделить на две области:

1) прибрежную, для которой характерно большое влияние близости берегов, метеорологического режима над примыкающей к изучаемому району моря сушей, числа и водности впадающих в изучаемый район моря рек, геоморфологического строения побережья и прибрежной области и др. В пределах прибрежной области можно наблюдать слой активный (деятельный) и промежуточный, т. е. слой, лежащий ниже границы конвективного перемешивания, но в котором еще заметны сезонные изменения основных гидрологических характеристик. В прибрежной зоне можно выделить район губ, заливов и бухт, глубины которых не выходят за пределы активного слоя;

2) область открытого моря, для которой характерны относительная независимость от прилегающей суши и берегов.

Область открытого моря включает, кроме деятельного и промежуточного, также глубинный слой. В глубоких морях глубинный слой охватывает в большинстве случаев основную массу воды, где сезонные изменения гидрологических характеристик незаметны. В глубинном слое, как показали исследования последних лет, проявляются короткопериодные изменения гидрологических элементов, связанные с приливными явлениями и внутренними волнами. Некоторые моря мелководны на всем своем пространстве (например, Азовское море, северная часть Каспийского моря и некоторые моря Северного Ледовитого океана); характер их режима в значительной степени определяется мелководьем. В других же морях глубоководная часть простирается почти до самого берега (например, Японское и Охотское), а прибрежная область занимает лишь узкую полосу. Таким образом, разделение моря на прибрежную зону и на область открытого моря является условным.

Океанографические разрезы, пересекая весь изучаемый район моря или какую-нибудь его часть, могут располагаться в прибреж-

ной области, в области открытого моря или переходить из одной области в другую. Соответственно своему расположению разрезы носят условное название *прибрежные океанографические разрезы* и *океанографические разрезы открытого моря.*

Расположение океанографических разрезов выбирается таким образом, чтобы наблюдения на них были репрезентативными для всего моря или для отдельных его районов, т. е. характеризовали гидрологические элементы в изучаемом районе моря, их сезонный и вековой ход, условия формирования гидрологических характеристик данного района и их аномалий. Океанографические разрезы должны пересекать струи господствующих течений в изучаемом районе по возможности под прямым углом, что позволит рассчитать мощность потока (расход). Некоторые из них должны быть расположены по осям этих струй с целью изучения переноса и трансформации гидрологических характеристик (температуры, солености и др.). Разрезы должны проходить от берега через прибрежную область в открытое море до границы изучаемого района или до противоположного берега.

Расположение и протяженность разрезов не могут предопределяться каким-либо единым стандартом, применимым к любому району моря, и должны быть установлены с учетом местных условий с целью обязательного достижения репрезентативности наблюдений.

На всех отечественных и некоторых сопредельных морях бассейновыми гидрометеорологическими обсерваториями совместно с бассейновыми секциями Океанографической комиссии установлены постоянные океанографические разрезы, называемые *стандартными.* Направления разрезов и станции на них определены и закреплены на картах, исходя из конфигурации берегов, рельефа дна, схем господствующих течений, наличия устьев крупных рек, степени расчлененности моря на заливы, наличия ледяного покрова и с учетом других характеристик режима моря. Наблюдения на стандартных разрезах обычно осуществляются несколькими судами, что позволяет выполнить их в кратчайшее время и получить более или менее синхронные данные по всему морю. Такие относительно синхронные наблюдения на стандартных разрезах называются океанографическими съемками.

В зависимости от конкретных задач гидрологического обеспечения наблюдения на стандартных разрезах могут осуществляться не по всей их сетке, а по разреженной или только по какому-либо району. Некоторая минимальная часть стандартных разрезов является обязательной, регулярно выполняемой каждый год (ежесезонно или ежемесячно) в течение неограниченно долгого времени — вечно. Эти разрезы называются *вековыми* стандартными разрезами и, как правило, выполняются научно-исследовательскими судами Гидрометслужбы, или по договоренности, экспедиционными судами других ведомств. Расположение и протяженность вековых разрезов утверждаются Главным управлением гидрометеорологической службы СССР.

Наблюдения на вековых разрезах производятся на всех стандартных горизонтах от поверхности до дна. Проводить так называемые *подвесные* станции до глубины 200—500 или 1000 м (при больших глубинах) не допускается.

1.6. Расположение океанографических станций на разрезах

Станции на разрезе размещаются таким образом, чтобы по наблюдениям на них можно было проследить за изменением гидрологических элементов по всему разрезу; следовательно, их должно быть больше в районах моря, где изменения гидрометеорологических элементов велики (в зонах гидрологических фронтов, в прибрежных областях) и меньше там, где гидрометеорологические условия более однообразны (в открытом море). Однако количество станций не должно быть большим, так как весь разрез должен быть сделан в такой срок, чтобы изменение гидрологических характеристик за время работ было незначительным. При большом количестве станций можно получить совершенно несравнимые материалы только потому, что за время работы изменилось общее состояние водной массы. Поэтому установление числа станций и их расположения на разрезе должно быть также подчинено задаче достижения возможно большей синхронности наблюдений по всему разрезу. Обычно расстояния между станциями на разрезах в открытом океане устанавливают в пределах 60—120 м. миль; в морях — 30—60 м. миль; в зонах с большой пространственной изменчивостью — 10—30 м. миль и меньше. Для выяснения степени изменения гидрологических элементов за время производства разреза необходимо при наличии соответствующих самописцев устанавливать их на автономную многочасовую работу на одной или на нескольких буйковых станциях разреза. Расположение станций на вековых разрезах установлено приказами Главного управления гидрометеорологической службы и закреплено на неограниченно долгий многолетний период.

1.7. Увязка наблюдений на разрезах и на рейдовых станциях

Практические условия выполнения разрезов обычно различны для открытой части моря и для прибрежной зоны. Естественно, что в прибрежной зоне наблюдения могут делаться чаще, чем в открытом море. Поэтому изучение гидрологического режима моря возможно лишь при правильном расположении разрезов, допускающем увязку наблюдений в открытой части моря, прибрежной области и на рейдовых станциях. Для увязки наблюдений на океанографических разрезах с наблюдениями на рейдовых станциях каждую рейдовую станцию включают в разрез. Наблюдения на рейдовой станции обычно производятся дважды: в начале и конце работы на разрезе. Наблюдения на рейдовой станции могут про-

изводиться как с небольшого судна или шлюпки, так и с судна, на котором выполняется стандартный океанографический разрез.

Для увязки наблюдений на разрезах в открытой части моря и в прибрежной полосе необходима синхронность в их выполнении.

1.8. Сроки выполнения разрезов

Сроки выполнения океанографических работ на разрезах определяются задачами поставленных исследований.

Стандартные, в том числе вековые океанографические разрезы выполняются не реже одного раза в сезон. Точные периоды времени выполнения работ на вековых разрезах устанавливаются Главным управлением гидрометслужбы. При выполнении работ на больших акваториях необходимо обеспечить их синхронность и максимальную быстроту. Одновременно с работами в открытом море должны выполняться работы на прибрежных рейдовых станциях.

Отступление от календарных сроков выполнения стандартных океанографических вековых разрезов может быть допущено только по условиям погоды или тяжелой ледовой обстановки.

1.9. Океанографические съемки

Для изучения распределения гидрометеорологических элементов во всем море или каком-либо районе океана производится океанографическая съемка.

Океанографическая съемка представляет собой совокупность океанографических разрезов и станций, выполняемых одним судном, группой судов и другими техническими средствами для получения информации о пространственном распределении океанографических элементов в определенный период времени.

Океанографические съемки выполняются с целью оперативного обслуживания народнохозяйственных организаций (рыбного хозяйства, морского флота) гидрометеорологическими данными и для составления долгосрочных морских гидрологических и рыбопромысловых прогнозов, а также для уточнения уже составленных прогнозов. Расположение разрезов и количество их должны удовлетворять основному условию: результаты наблюдений должны отражать специфические особенности данного водоема. Разрезы при океанографической съемке обязательно должны включать вековые и другие стандартные океанографические разрезы, установленные в данном районе моря.

Съемки рекомендуется выполнять не менее чем один раз в гидрологический сезон. При невозможности ежесезонного выполнения съемок их необходимо производить два раза в год. Сроки выполнения съемок устанавливаются в зависимости от специфики местных метеорологических и гидрологических условий. Съемки следует проводить на основе межведомственного координированного плана; наблюдения должны быть по возможности синхронными, так же

как и при выполнении стандартных разрезов. С целью сокращения продолжительности наблюдений съемку следует выполнять несколькими судами одновременно.

Океанографическая съемка одним судном. При отсутствии нескольких судов съемку производят на одном судне, всемерно добиваясь максимальной скорости работы. Поэтому количество разрезов и число станций на них не должно быть очень большим. В случае необходимости уменьшения продолжительности работы допускается целесообразное сокращение состава наблюдений. При больших глубинах (свыше 1000 м) часть станций допускается делать подвесными[1].

При производстве съемки одним судном для оценки степени изменчивости гидрометеорологических элементов во времени следует предусмотреть повторение океанографических станций, выполняемых в начале съемки или на пересечении разрезов. Для этого разрезы следует располагать так, чтобы они образовали замкнутые полигоны. Некоторые типовые схемы расположения океанографических разрезов, предложенные В. А. Зениным, показаны на рис. 1.1. Имеются и другие, более сложные схемы.

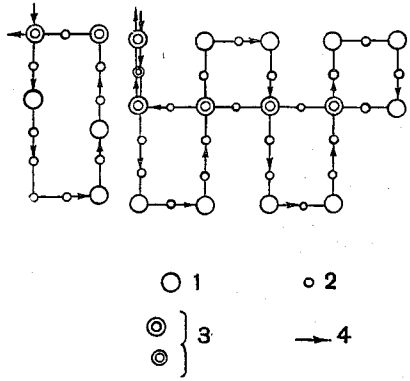


Рис. 1.1. Схемы океанографической съемки для одного судна.

1 — полная станция, *2* — подвесная, *3* — повторная, *4* — направление движения судна.

При наличии самописцев, которые автоматически регистрируют значения гидрометеорологических элементов, можно вместо производства повторных станций поместить в одной или нескольких точках эти приборы на буях и получать при их помощи изменения значений гидрометеорологических элементов за период съемки.

Океанографическая съемка несколькими судами. При выполнении океанографических съемок одновременно несколькими судами каждое судно делает назначенные ему разрезы. Примером таких работ может служить международная океанографическая съемка района, между Фарерскими островами и Исландией, произведенная 30 мая — 16 июня 1960 г. Основной задачей этой съемки было исследование водообмена Норвежского моря с Северной Атлантикой через пролив между Фарерскими островами и Исландией. Схема съемки показана на рис. 1.2. В съемке принимали участие девять судов пяти стран (на рисунке разрезы, выполняемые каждым судном, обозначены своей буквой). Работы по

[1] Подвесной океанографической станцией называется станция, наблюдения на которой производятся не до дна, а до определенного горизонта.

этой схеме начались одновременно и в течение всей съемки осуществлялась строгая синхронизация наблюдений.

Имеются и другие схемы океанографических съемок, например схемы, предложенные В. А. Зениным (рис. 1.3):

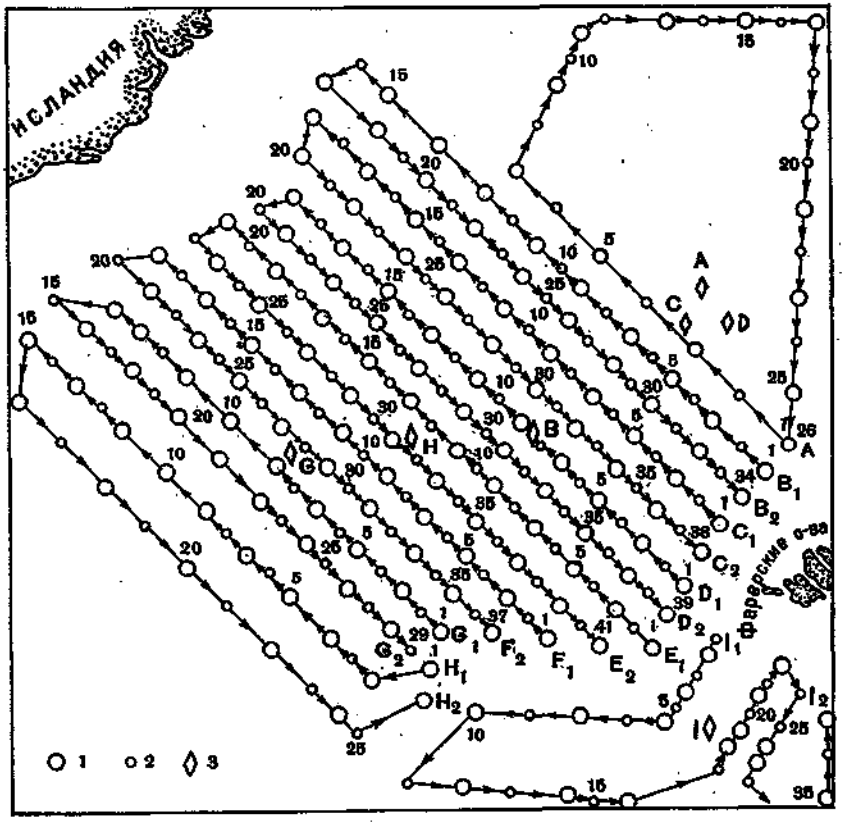


Рис. 1.2. Схема международной океанографической съемки пролива между Фарерскими островами и Исландией в мае—июне 1960 г.

1 — разовая полная станция, *2* — разовая подвесная станция, *3* — многочасовая станция.

1) при наличии двух судов они располагаются по одной линии, перпендикулярной направлению разрезов;

2) при наличии трех судов они располагаются по вершинам треугольника;

3) при наличии четырех и пяти судов они располагаются в виде трапеции.

При таком расположении судов одновременно измеряются гидрометеорологические элементы в пространстве, ограниченном указанными фигурами. При движении судов вдоль разрезов

Ленинградский Гидрометеорологический ин-т
БИБЛИОТЕКА
Л-д 195196 Малоохтинский пр. 98

последовательно выполняется исследование перекрывающихся пространств в море (океане). На рис. 1.3 это показано пунктиром.

Выполнение съемок по схемам рис. 1.3 возможно только в том случае, когда все суда начинают работать одновременно. Если съемка производится разными ведомствами, это условие не всегда соблюдается. В этом случае производится распределение разрезов по судам и каждое судно выполняет их самостоятельно; устанавливается общий срок для выполнения всей съемки.

Для изучения изменчивости гидрологических элементов во времени за период съемки должны быть также предусмотрены многосуточные наблюдения в характерных точках путем установки на них автономных буйковых станций или производства их с судна, стоящего на якоре или находящегося в дрейфе. Так, например, при съемке Фареро-Шетландского пролива кроме разовых станций были выполнены и двухсуточные станции с заякоренного судна.

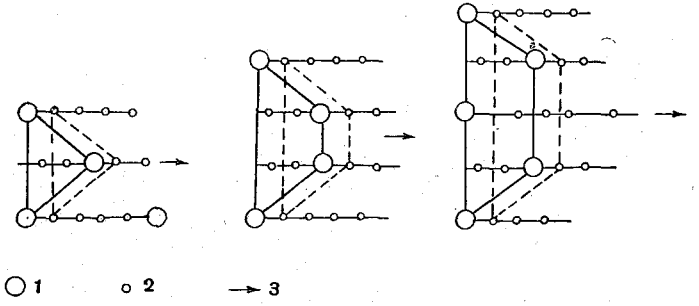


Рис. 1.3. Схема океанографических съемок для нескольких судов (по В. А. Зенину).

1 — полная станция, *2* — подвесная, *3* — направление движения судна.

Расстояния между разрезами при океанографических съемках несколькими судами устанавливаются в зависимости от поставленных задач, размеров моря и его гидрологических особенностей. При работах в океане они обычно составляют 30—120 м. миль. Полные океанографические станции на разрезах размещаются примерно через 60—180, а подвесные станции через 20—60 м. миль. При пересечении гидрологических фронтов или в зонах с большими горизонтальными градиентами гидрологических характеристик расстояния между станциями должны быть сокращены. Приведенные расстояния между разрезами и станциями являются наибольшими и могут быть уменьшены в зависимости от поставленных задач и от гидрометеорологического режима изучаемой акватории в период исследований.

При наличии автоматического батометра-батитермографа можно произвести температурную и гидрохимическую (соленость, кислород, pH и содержание других гидрохимических элементов в морской воде) съемку верхнего 200-метрового слоя моря. При наличии только батитермографа можно осуществить съемку температуры этого слоя моря.

1.10. Наблюдения на многочасовых станциях

Для изучения изменения гидрологических элементов во времени и в связи с обусловливающими их метеорологическими и астрономическими факторами выполняются многочасовые и многосуточные гидрометеорологические наблюдения. Они необходимы при исследованиях приливных явлений, ветровых и инерционных течений, внутренних волн, развития и затухания ветровых волн и других явлений, а также для разработки методов гидрологических расчетов (прогнозов).

Наиболее полные материалы для анализа дают многосуточные наблюдения, позволяющие учесть не только астрономические, но и различные метеорологические явления.

Как правило, многосуточные наблюдения производятся при помощи самописцев, установленных на заякоренных буйковых станциях (в основном самописцев течений и температуры воды). Продолжительность и частота этих наблюдений зависят от задач исследований и длительности автономной работы самописцев, наблюдения могут продолжаться многие месяцы.

Минимальная продолжительность наблюдений, необходимая для учета влияния метеорологических факторов на изучаемые гидрологические элементы (температура воды, течение и др.), может быть определена, исходя из требования, чтобы за время наблюдений было отмечено достаточное разнообразие синоптических процессов и отвечающих им значений гидрологических элементов.

При наблюдениях морскими вертушками (не самописцами) принимаются следующие промежутки времени между измерениями на каждом горизонте: на глубинах до 200 м не более 1 ч для приливных морей и 2 ч для неприливных морей, а на поверхности — соответственно не более 30 мин и 1 ч.

На многосуточных станциях в тех случаях, когда судно находится около автономной (буйковой) станции не далее 1 м. мили, кроме наблюдений за течениями, производятся, как отмечалось ранее, наблюдения за ветром, вертикальным распределением температуры, солености и других гидрохимических элементов.

Наблюдения за ветром производятся не реже, чем один раз в 1 ч, за температурой воды термометрами (при отсутствии самописцев) не реже, чем через каждые 2 ч, а батитермографами не реже, чем один раз в 1 ч. Наблюдения за соленостью и другими гидрохимическими элементами производятся несколько реже, но не менее 3—4 раз в сутки.

При регистрации температуры воды самописцами частота наблюдений определяется поставленными задачами и продолжительностью наблюдений на многосуточных станциях.

При наличии нескольких буйковых станций, обслуживаемых одним судном, наблюдения около каждой буйковой станции производятся при постановке, снятии и при каждой проверке работы станции. Как правило, эти наблюдения разовые.

1.11. Специализированные океанографические наблюдения на полигонах

Для изучения процессов и явлений, происходящих в океанах и морях, их изменчивости во времени и пространстве при выполнении научно-исследовательских тем производятся специализированные глубоководные и поверхностные гидрологические наблюдения на полигонах. Состав этих наблюдений, сроки выполнения и их продолжительность зависят от задач исследования. В экспедиции обычно участвует несколько судов.

Программа наблюдений составляется отдельно для каждой экспедиции, рейса.

Ниже в качестве примеров приводится схематическое описание некоторых специализированных наблюдений.

Изучение основных океанических систем течений. Изучение основных океанических систем течений остается одной из важнейших океанографических проблем, имеющей большое научное и практическое значение (для рыболовства, мореплавания, расчета скорости распространения и рассеивания веществ загрязнений, совершенствования метеорологических прогнозов и др.). Для разработки этой проблемы организуются специальные крупные экспедиции, иногда международные. Примером таких работ может служить международная экспедиция по изучению Куросио, рассчитанная на несколько лет. Работы велись одновременно на 20—30 судах. В задачи экспедиции входило:

1) изучение пространственно-временно́й изменчивости вертикальной и горизонтальной структуры потока Куросио и вод других районов, прилегающих к этой системе;

2) изучение субполярной и субтропической фронтальных зон и влияние фронтальных процессов на формирование и изменчивость вертикальной и горизонтальной структуры вод района Куросио;

3) изучение подъема промежуточных вод и его влияние на процессы, формирующие гидрологическую и гидрохимическую структуры вод потока Куросио и прилегающих районов.

Согласно международной программе, для решения этих задач один раз в сезон производится синхронная съемка продолжительностью 15—30 сут, охватывающая всю акваторию изучаемого района от экватора до 43° с. ш. и от 160° в. д. на запад до берега. Съемка состоит из разрезов, пересекающих поток Куросио и фронтальные зоны. Расстояния между станциями в потоке 30—60, в районах субполярного и субтропического фронтов 15—20 м. миль. Состав наблюдений на станциях соответствует перечню, приведенному в п. 2.1.

Между станциями производятся наблюдения за температурой и сбор проб для определения химических элементов в морской воде при помощи батометра-батитермографа или, при отсутствии его, наблюдения за температурой воды при помощи батитермографа. Ведутся также наблюдения за течениями с помощью ЭМИТа.

Для учета изменчивости гидрометеорологических элементов за период съемок в ряде точек, находящихся вблизи оси потока, производятся многосуточные наблюдения так, как это было указано в п. 1.10.

Для изучения изменчивости гидрометеорологических элементов из всей сетки разрезов выбирается один или два, на них в промежутке времени между съемками ежемесячно производятся наблюдения. Собранные по этой программе материалы наблюдений необходимы для получения трехмерного распределения гидрологических и гидрохимических элементов в изучаемом районе и изменчивости этого распределения во времени; для построения карты динамической топографии свободной поверхности и других изобарических поверхностей; вычисления поля течений и определения его изменчивости во времени и в пространстве. Помимо этого, они позволяют выделить основной поток Куросио, получить картину меандрирования его; оценить расход основного потока и его изменчивость во времени; изучить фронтальные процессы и их влияние на гидрологические условия в целом; рассчитать интенсивность и глубину проникновения ветрового и конвективного перемешивания в период съемки; рассчитать вертикальную циркуляцию и решить ряд других задач.

Для определения положения фронта следует использовать батитермографные наблюдения, которые производятся на переходах в течение всей съемки. Для этого вблизи фронта, там, где начинают заметно увеличиваться горизонтальные градиенты температуры, производят на малом ходу судна, движущегося поперек фронта, учащенные наблюдения. Эти наблюдения кончают после пересечения фронта, там, где градиенты температуры малы. Необходимо сделать несколько поперечных пересечений фронта для выяснения его пространственного положения в данном районе. Наблюдения на фронтальной зоне могут быть использованы для вычисления переноса тепла, солей и других гидрохимических элементов через эту зону.

По TS-кривым для станций, расположенных в зоне фронта и в прилегающих районах, можно найти зоны взаимодействия различных водных масс, проследить трансформацию этих вод и влияние их на структуру Куросио.

Важным элементом общего динамического баланса вод океана являются их вертикальные движения. Скорость этих движений можно вычислить по соответствующим формулам, исходные данные для которых выбирают из материалов гидрологических наблюдений.

Зная среднюю вертикальную скорость, можно оценить возраст вод на различных глубинах.

Для изучения влияния атмосферных процессов на процессы, протекающие в море, производят при проведении съемок метеорологические, аэрологические (температурно-ветровое зондирование, см. п. 2.2), актинометрические и градиентные наблюдения за температурой воздуха, его влажностью и скоростью ветра.

Наблюдения за внутренними волнами[1]. Внутренние волны — явление широко распространенное в океанах и морях. Они могут быть вызваны метеорологическими факторами (давление, ветер) и приливообразующими силами. Прохождение внутренних волн в водной толще вызывает большие перемещения вод по вертикали. В связи с этим на отдельные горизонты периодически поступают воды с различных глубин. Анализ хода гидрологических характеристик на этих горизонтах во времени обычно обнаруживает их большую изменчивость.

Непосредственные наблюдения за внутренними волнами можно производить с помощью поплавков нейтральной плавучести (см. гл. 18), однако эти наблюдения широкого применения не нашли. Для получения массовых материалов служат косвенные методы изучения внутренних волн путем наблюдений за изменением во времени вертикального распределения гидрологических и гидрохимических элементов, в основном температуры воды и солености. При этом предполагается, что в процессе прохождения внутренних волн частицы воды перемещаются по замкнутым орбитам, не изменяя сколько-либо значительно присущих им характеристик. Таким образом, изоплеты регистрируемого элемента дают ординаты внутренних волн, а положение изолиний этого элемента в пространстве в фиксированный момент времени соответствует профилю внутренней волны. Изоплеты, построенные по данным наблюдений на океанической станции, дают возможность определить спектральный состав внутренних колебаний, амплитуды и фазы отдельных составляющих. По данным наблюдений на серии синхронных станций можно определить скорость и направление распространения внутренней волны, а также ее длину.

Продолжительность наблюдений за внутренними волнами зависит от того, какую часть спектра внутренних колебаний предполагается исследовать. Исходя из необходимости полного статистического описания процесса внутренних колебаний, необходимо, чтобы продолжительность наблюдений по крайней мере в 8—10 раз превосходила наибольший из интересующих периодов. Так как наиболее распространенным и устойчивым классом внутренних волн являются полусуточные и суточные внутренние приливные волны, надо, чтобы при их регистрации продолжительность наблюдений была не меньше 8—10 сут. При исследовании короткопериодных внутренних волн продолжительность наблюдений иногда может быть ограничена несколькими часами.

Непрерывность и дискретность во времени. При непрерывной регистрации внутренней волны следует также учитывать, изучаются ли длиннопериодные или короткопериодные внутренние волны, и в зависимости от этого применять датчики с той или иной инерционностью. При изучении длиннопериодных волн удобно, например, для фильтрации короткопериодных колебаний ставить датчики с большой инерцией. При дискретных наблюде-

[1] Составлено В. Р. Фуксом.

ниях, в частности при многосерийных наблюдениях с помощью глубоководных термометров или батитермографов, следует вести наблюдения не реже чем через 1—2 ч, для того чтобы выделить приливные составляющие. Наблюдения через 2—4 ч, принятые во многих учреждениях, не дают возможности выделить приливные и инерционные внутренние волны.

Непрерывность и дискретность в пространстве. Точность определения высоты внутренней волны по колебаниям океанологических характеристик существенным образом зависит от точности определения вертикального градиента этой характеристики. Поэтому при регистрации внутренних волн необходимо, по возможности, производить непрерывное зондирование вертикального распределения океанологических характеристик с помощью батитермографов, термозондов и других приборов. При этом в случае небольших вертикальных градиентов следует применять приборы с повышенной чувствительностью.

При дискретных по глубине измерениях для регистрации внутренних волн следует переходить, по мере возможности, к наблюдениям на учащенных горизонтах, чтобы расстояние между горизонтами не превышало высоту внутренней волны (10—15 м).

Наблюдения за внутренними волнами предпочтительно вести с неподвижной базы, а на небольших глубинах — с заякоренных судов, плавмаяков, на автономных буйковых станциях с притопленным буем и т. д. В случае наблюдений с дрейфующего судна при непрерывной регистрации короткопериодных внутренних волн наблюдения надо прекращать, когда скорость дрейфа достигает скорости распространения внутренней волны (приблизительно 1—2 уз). При серийных наблюдениях за длиннопериодными внутренними волнами перед каждой серией необходимо подходить к исходным точкам и выполнять серию в возможно более короткий период времени. При постановке синхронных станций, которых для определения скорости и направления распространения внутренней волны должно быть не менее трех, расстояния между станциями должны быть меньше, чем длина волны, т. е. для длиннопериодных внутренних волн не должны превышать 15—20 м. миль.

Учет стратификации. Все характеристики внутренних волн существенным образом зависят от типа стратификации и устойчивости водных масс. Поэтому для исследования изменчивости режима внутренних волн необходимо повторять наблюдения в одних и тех же районах в различные сезоны года при разных типах стратификации водных масс. За исключением зимнего периода в средних и высоких широтах нужны ежемесячные циклы наблюдений за внутренними волнами. Важно учитывать изменчивость стратификации и внутри каждого цикла. Значительное изменение стратификации в результате изменения синоптической ситуации может привести к резкому изменению характеристик внутренних волн в верхнем слое. В этом случае цикл наблюдений надо продолжать, чтобы получить необходимую длину ряда наблюдений при неизменном типе стратификации.

Учет адвекции. Перенос частиц воды периодическими течениями при наличии значительных горизонтальных градиентов океанологических характеристик может явиться причиной периодической изменчивости последних. Эта изменчивость не связана с внутренними волнами. Так как надежных способов разделения влияния двух явлений (приливов и внутренних волн) не существует, то наблюдения за внутренними волнами следует ставить в районах с незначительными горизонтальными градиентами океанологических характеристик и слабыми периодическими течениями. Так, например, в районах с горизонтальными градиентами температуры порядка 10^{-3}°С/км наблюдения за внутренними волнами можно рекомендовать вести при скоростях приливного течения до 30—35 см/с, в районах с горизонтальными градиентами температуры порядка 10^{-2}°С/км при скорости приливного течения до 10—15 см/с.

Наблюдения за колебаниями океанологических характеристик следует сопровождать наблюдениями за течениями, так как в течениях проявляется горизонтальная составляющая орбитального движения частиц в процессе распространения внутренней волны.

Исходя из всего сказанного можно рекомендовать для исследования внутренних волн следующий объем стандартных работ на многосуточной станции.

1. Постановка автономных буйковых станций с самописцами температуры (фототермограф) и течений (БПВ), не менее трех, на расстояниях, меньших длины волны (для длиннопериодных внутренних волн не более 15—20 миль).

2. Ежечасное зондирование вертикального распределения гидрологических характеристик (гидрозонд, батитермограф, автоматический батометр-батитермограф).

3. Опускание батометрической серии через каждые 2 ч.

4. Непрерывная регистрация короткопериодных внутренних волн с помощью термографа во время свободного дрейфа.

Помимо регистрации колебаний температуры, солености и течений, можно рекомендовать следующие дополнительные наблюдения.

1. Регистрация колебаний содержания некоторых гидрохимических элементов, вертикальные градиенты которых велики в районе наблюдений.

2. Регистрация колебаний глубины залегания слоя скачка плотности с помощью эхолота или гидролокатора.

1.12. Океанографические наблюдения на судах погоды

Суда погоды являются постоянно действующими гидрометеорологическими обсерваториями (станциями), расположенными в фиксированных квадратах Мирового океана.

Каждое из судов погоды располагается в заданном квадрате Мирового океана и сообщает регулярно гидрометеорологическую информацию, необходимую для Всемирной службы погоды (ВСП), обслуживания мореплавания, авиации, рыбного промысла и пр.

Данные судов погоды широко используются в научных исследованиях и представляют собой исключительно ценный материал для изучения закономерностей изменчивости гидрометеорологических элементов во времени и пространстве и для других исследований.

Суда погоды принадлежат различным странам. Их координаты показаны ниже:

Координаты судов погоды по состоянию на 1973 г.

Атлантический океан. Северная часть

1 A	62° 00′ с. ш.	33° 00′ з. д.		8 K	45° 00′ с. ш.	16° 00′ з. д.	
2 B	56 30	51 00		9 L	39 00	17 00	
3 C	52 45	35 30		10 M	66 00	02 00	
4 D	49 00	41 00		11 F	35 30	40 00	
5 E	40 00	48 00		12 G	46 00	29 00	
6 I	59 00	19 00		13 H	36 40	69 35	
7 J	52 30	20 00					

Тихий океан. Северная часть

14 P	50° 00′ с. ш.	145° 00′ з. д.		19 O	40° 00′ с. ш.	142 °00′ з. д.	
15 Q	43 00	167 00		20 S	48 00	162 00	
16 T	29 00	135 00	в. д.	21 U	27 40	145 00	
17 V	34 00	164 00		22 X	39 00	153 00	в. д.
18 N	30 00	140 00	з. д.				

Координаты судов погоды по состоянию на 1 июля 1975 г.

Атлантический океан. Северная часть

C	(Чарли), СССР	52 °00′ с. ш.	35 °00′ з. д
R	(Ромео), Франция	47 00	17 00
L	(Лима), Англия	57 00	20 00
M	(Майк), Нидерланды, Норвегия, Швеция	66 00	02 00 в. д.

Распределение по океанам судов погоды и их основная программа наблюдений осуществляются по согласованному международному плану, причем районы наблюдений расположены таким образом, что многие из них находятся в зонах основных систем теплых и холодных океанических течений.

Основная программа наблюдений на судах погоды (приложение 3) состоит преимущественно из аэрологических и метеорологических наблюдений, наблюдений за температурой поверхностного слоя моря, волнением, выполняются также батитермографные и глубоководные гидрологические наблюдения, в том числе гидробиологические и наблюдения за химическими загрязнениями океанических вод. По условиям работы производятся также некоторые специальные исследования, например, регистрация течений и волнения самописцами, геофизические наблюдения (сейсмические волны, геомагнитные явления) и др.

1.13. Объединенная глобальная система океанских станций (ОГСОС)

Объединенная глобальная система океанских станций (ОГСОС) является международной системой, создаваемой Межправительственной океанографической комиссией (МОК) и Всемирной

метеорологической организацией (ВМО) на основе национальных средств и средств национального обслуживания. Она включает:

а) глобальную систему наблюдений,

б) глобальную систему телеуправления и связи.

в) глобальную систему обработки и оперативного распространения данных,

г) глобальную систему хранения данных.

Организация ОГСОС осуществляется в два этапа.

На первом этапе в ОГСОС включаются существующие средства наблюдений, связи, обработки и хранения данных. К средствам наблюдения относятся: суда погоды, научно-исследовательские суда, фиксированные платформы (плавмаяки) с персоналом и без персонала, береговые и островные гидрометстанции, судовые гидрометстанции на попутных судах (торговые и рыболовные суда), спутники и самолеты, океанографические буйковые станции.

На втором этапе произойдет развитие ОГСОС. Кроме перечисленных средств наблюдения ОГСОС в основном будет базироваться на информации, получаемой от создаваемых автоматических телеметрических буйковых гидрометстанций с ретрансляцией через ИСЗ, и на автоматизированной обработке данных. Первая стадия осуществляется начиная с 1972 г., вторая — по мере разработки и вступления в действие новых технических средств.

Советский Союз является участником создания и эксплуатации ОГСОС.

Назначение ОГСОС и ее связь с Всемирной службой погоды. Объединенная глобальная система океанских станций предназначена для широкой и своевременной информации о состоянии Мирового океана и прилегающей к нему атмосферы и их прогнозированию, а также для ведения широких научных исследований по изучению процессов в океане и атмосфере и их взаимодействию. Эти данные необходимы для обеспечения все возрастающей потребности различных отраслей народного хозяйства в океанографическом и гидрометеорологическом обслуживании и для повышения безопасности и эффективности человеческой деятельности, связанной с использованием морей и океанов.

Цели и назначение ОГСОС в основном идентичны назначению ВСП, поэтому аппарат эксплуатации ОГСОС, как правило, объединяется с аппаратом ВСП, в особенности, когда последняя имеет дело с получением, переработкой, хранением и распространением информации о Мировом океане.

Программа и сроки наблюдений первого этапа. На первом этапе в состав наблюдений ОГСОС по рекомендации группы экспертов ВМО и МОК входят следующие гидрометеорологические элементы:

1) температура и соленость воды в поверхностном слое океана (моря);

2) температура и соленость воды на стандартных горизонтах до глубины 500 м включительно;

3) ветровые волны и зыбь (направление, высота и период);

4) течение (скорость и направление) в поверхностном слое и на некоторых горизонтах до глубины 500 м, при нахождении судна на якоре;

5) скорость и направление ветра на установленной высоте;

6) температура воздуха;

7) температура точки росы;

8) атмосферное давление;

9) общая солнечная радиация и др.

Основные требования к наблюдениям (точность, частота, горизонты наблюдений, период осреднения и пр.) такие же, как указано в гл. 2.

1.14. Коды для оперативных передач океанографических данных

Результаты ежедневных океанографических и гидрометеорологических наблюдений оперативно передаются по радио в органы Гидрометслужбы, где они используются для оперативной информации различных отраслей народного хозяйства и других заинтересованных организаций и для составления гидрометеорологических прогнозов.

Для этой цели используются специальные коды.

1. Код КН-09 (полная) и КН-09с (сокращенная схема) для передачи результатов наблюдений за состоянием погоды и моря в советские и иностранные центры сбора метеосведений (международный индекс FM-22A).

2. Код КН-05 для передачи данных океанографических наблюдений (температуры и солености воды, скорости и направления течений на стандартных глубинах). Международная форма FM-64E TESAC.

3. Код КН-06 для передачи данных батитермографных наблюдений. Международная форма FM-63 E BATHY.

4. Код КП-55 для передачи прогнозов судам. Международная форма FM-61D.

Глава 2. СОСТАВ НАБЛЮДЕНИЙ И РАБОТ. СТАНДАРТНЫЕ ГОРИЗОНТЫ

2.1. Наблюдения на глубоководных океанографических станциях

На каждой глубоководной станции проводят следующие работы:

1) определяют глубину места;

2) измеряют температуру воды в поверхностном слое и на других заданных (стандартных) горизонтах;

3) берут пробы воды с тех же горизонтов, на которых измеряется температура воды для определения солености воды и содержания различных гидрохимических элементов: кислорода, pH, щелочности, фосфатов, силикатов, нитратов, нитритов, угольной кислоты, сероводорода, окисляемости, биохимического потребления кислорода ($БПК_5$) и веществ, характеризующих загрязнение вод: нефтепродуктов, фенолов, детергентов, тяжелых металлов и других веществ в соответствии с программой исследований;

4) определяют направление и скорость течений в поверхностном слое и на заданных глубинах;

5) определяют относительную прозрачность воды (в светлое время суток);

6) определяют цвет воды (в светлое время суток);

7) ведут батитермографные наблюдения;

8) определяют гидрооптические свойства воды.

Глубоководные наблюдения на каждой станции сопровождаются гидрометеорологическими наблюдениями (см. п. 2.2).

По специальному заданию производят волнографные измерения, берут образцы грунта, производят гидробиологические работы и берут пробы воды для определения ее радиоактивности.

Состав наблюдений на многосуточных станциях такой же, как и на остальных станциях, с добавлением волнографных измерений.

Наблюдения на каждой океанографической станции сразу после обработки должны быть зашифрованы по кодам КН-05 и КН-06 и переданы по радио в соответствующие адреса для оперативного использования.

2.2. Судовые гидрометеорологические наблюдения

Производство гидрометеорологических наблюдений является повседневной научно-производственной работой судна, обеспечивающей Всемирную службу погоды (ВСП), капитана, штурманский и экспедиционный составы основными гидрометеорологическими данными наблюдений, выполненными в стандартные сроки (0, 3, 6, 9, 12, 15, 18 и 21 ч гринвичского времени).

В течение всего рейса на экспедиционном судне должны производиться регулярные гидрометеорологические наблюдения в соответствии с Наставлением гидрометстанциям и постам вып. 9, ч. II. Наставлением предусматриваются наблюдения: за атмосферным давлением, температурой и влажностью воздуха, ветром, облачностью, осадками, туманами, видимостью, грозами, оптическими явлениями, температурой поверхностного слоя моря, состоянием ледяного покрова, волнением, текущей и прошедшей погодой, особо опасными и редкими явлениями.

К особо опасным явлениям (ООЯ) в океане относятся: волнение при высоте волн 8 м и более, тропические циклоны (тайфуны) при скорости ветра 35 м/с и более; быстрое обледенение судов — скорость нарастания льда 0,7 см/ч и более; увеличение содержания загрязняющих веществ в воде до 100 ПДК (предельно допустимая

концентрация) и более; покрытие более $^1/_3$ видимой поверхности моря нефтяной или масляной пленкой. Возможны и другие ООЯ. Сведения об особо опасных явлениях в виде штормового оповещения передаются немедленно.

В точках океанографических станций гидрометеорологические наблюдения выполняются в соответствии с программой гидрологических и других наблюдений и, кроме того, не менее 4 раз в сутки (0, 6, 12 и 18 ч гринвичского времени). При наличии специальных заданий или программ количество сроков гидрометеорологических наблюдений может быть доведено до 8 или 12 в сутки.

На всех переходах в течение всего рейса через 1—2 ч выполняются наблюдения за температурой поверхностного слоя моря и берутся пробы воды для определения солености. При возможности желательно отбирать также пробы для определения нефтепродуктов (в поверхностной воде).

По специальным заданиям производятся инструментальные наблюдения за волнением.

На крупных экспедиционных судах при работах в открытом море дополнительно к указанным выше наблюдениям выполняют: 1) аэрологические наблюдения 1—4 раза в сутки (температурно-ветровое зондирование), 2) актинометрические наблюдения 6—8 раз в сутки (через 4—3 ч). Наблюдения производятся за прямой солнечной радиацией, рассеянной радиацией, радиационным балансом и отраженной радиацией.

Кроме того, на некоторых экспедиционных судах производят дополнительно:

1) градиентные наблюдения за температурой, влажностью воздуха и скоростью ветра;

2) наблюдения за атмосферным электричеством, электропроводимостью, напряженностью электрического поля и осуществляется регистрация грозовой деятельности;

3) наблюдения за радиоактивностью воздуха и атмосферных осадков.

При наблюдениях следует руководствоваться Наставлением гидрометеорологическим станциям и постам, вып. 9, ч. II, 1964 г.

Результаты гидрометеорологических и аэрологических наблюдений немедленно кодируют соответственно кодами КН-09 и КН-03 и передают в адрес ближайшего оперативного органа Гидрометслужбы.

При наличии на судне синоптической группы последняя составляет синоптические карты, которые используются для обеспечения экспедиции прогнозами погоды и данными об атмосферных процессах. Число карт, составляемых в сутки, зависит от состава группы и программы работ экспедиции.

2.3. Стандартные горизонты наблюдений

Температура и взятие проб воды. Глубоководные наблюдения за температурой воды и взятие проб батометрами для определения гидрохимических элементов производят на следующих стандартных

горизонтах (горизонты наблюдений приняты Центральной методической комиссией ГУГМС, ГОСТ 18451—73):

1) для океанов и глубоководных морей — Карского, Баренцева, Норвежского, Гренландского, Черного, Каспийского (кроме северной части), Японского, Охотского, Берингова и др.— 0, 10, 20, (25)[1], 30, 50, 75, 100, (125), 150, 200, 250, 300, 400, 500, 600[2], 800, 1000, 1200, 1500, 2000, 2500, 3000, 3500, 4000, 4500, 5000 м и далее через 1000 м и на придонном горизонте;

2) для мелководных морей — Белого, Балтийского, Азовского, Северного Каспия, Аральского, Чукотского, Восточно-Сибирского, Лаптевых и мелководных районов глубоких морей, указанных выше,— 0, (5), 10, 15, 20, (25), 30, 40, 50, 60, (75), 80, 100, (125), 150, 200 м и на придонном горизонте.

Наблюдения в придонном горизонте производят на возможно близком расстоянии от дна. Однако это расстояние должно быть достаточным, чтобы не рисковать повреждением приборов. Глубины всех горизонтов отсчитывают по показанию счетчика от поверхности моря.

Расчет глубин при работах на многочасовых станциях в мелководных районах приливных морей (бухтах, губах, заливах) в местах, где прилив соизмерим с глубиной, производят от дна.

При отсутствии батитермографа в случае обнаружения слоя скачка, т. е. резкого изменения температуры воды на двух смежных горизонтах[3], что наблюдается преимущественно в теплое время года, необходимо определить границы слоя. Для этого следует измерить температуру и взять пробы на промежуточных горизонтах.

При выборе дополнительных горизонтов руководствуются следующими соображениями: стараются расположить дополнительные горизонты таким образом, чтобы они пришлись на верхнюю и нижнюю границы слоя скачка.

Пример

Температура на стандартных горизонтах

Глубина, м	Температура, °С	Глубина, м	Температура, °С
5	26,3	20	21,2
10	26,1	25	15,4
15	26,0	30	14,1

Для определения границ слоя скачка измеряют температуру на горизонтах 18 и 23 м. Температура на глубине 18 м равна 25,5°С (верхняя граница слоя скачка), на горизонте 23 м и 15,6°С (нижняя граница слоя скачка).

---

[1] В скобках помещены рекомендованные, но не обязательные горизонты, однако горизонт 125 м должен считаться обязательным, если слой скачка находится на этой глубине.

[2] В районе течения Куросио необходим дополнительный горизонт 700 м.

[3] Слоем скачка называется относительно тонкий слой воды с резким изменением вертикального градиента рассматриваемой характеристики относительно вышележащих и нижележащих слоев.

Если разность температур на выбранном дополнительном горизонте и на соответствующем стандартном горизонте велика (дополнительный горизонт находится в пределах слоя скачка), то берут еще один промежуточный горизонт.

Если толщина слоя скачка невелика (не больше 5 м), то можно ограничиться только одним дополнительным горизонтом. Например, температура на 0 м равна 10, а на 5 м 7,8°С, то следует измерить температуру на глубине 3 м. При наличии батитермографа слой скачка определяют с его помощью и дополнительных наблюдений термометрами не производят. Если слой скачка лежит ниже глубин, измеряемых батитермографом, то положение его следует уточнить так, как это указано выше.

Определив положение слоя скачка, берут на его границах пробы воды для определения гидрохимических элементов.

Течения. Наблюдения за течениями производятся на тех же горизонтах, что и за температурой воды. Однако, в связи с тем что эти наблюдения более сложны, часть горизонтов может быть пропущена. Рекомендуются следующие горизонты: 0; (5), 10, 25, 50, 100, 200, 300, (400), 500, 750, 1000; 1200, 1500, 2000 и далее через 1000 м.

Кроме того, наблюдения производят с учетом вертикальной структуры водных масс и при наличии слоев скачка температуры или солености вводят дополнительные горизонты, или несколько изменяют глубину указанных стандартных горизонтов, чтобы получить распределение течений в зависимости от структуры водных масс.

Глава 3. ПОДГОТОВКА К РЕЙСУ. ПЛАНИРОВАНИЕ, ОРГАНИЗАЦИЯ РАБОТ, СОСТАВЛЕНИЕ ОТЧЕТА

3.1. Подготовка к рейсу

Подготовительные работы к рейсу состоят из:

1) составления программы и плана рейса, четко отражающих цель исследований в данном рейсе и предполагаемые результаты;

2) составления перечня приборов, оборудования, расходных и бланковых материалов, необходимых для выполнения программы работ, и доставки указанного на судно;

3) размещения оборудования, приборов и инструментов в помещениях и на палубах судна;

4) проверки исправности оборудования и приборов и, в случае необходимости, ремонта или замены их;

5) организации обеспечения судна прогнозами погоды, штормовыми предупреждениями и синоптическими консультациями;

6) распределения личного состава по отрядам и вахтам;

7) пробного (испытательного) выхода в море (перед длительными рейсами после большого ремонта, установки нового оборудования или на новом судне) и проведения 1—2 пробных станций.

3.2. Составление программы и плана на рейс

Рейсовые программы и план составляются учреждением — владельцем научно-исследовательского судна.

В программе указывают цель и задачи рейса, район работ, расположение океанографических разрезов и виды наблюдений, координаты постановок буйковых станций и их продолжительность, сроки и методику наблюдений, а также степень обработки материалов наблюдений, сроки и объем оперативной информации, передаваемой в береговые центры. Программа должна иметь экономический раздел, в котором дается расчет стоимости всех затрат на проведение рейса. Расчет производится по методике, изложенной в [116].

На основании программы рейса составляется план работ, в котором даются начальные и конечные координаты разрезов, расстояния между станциями (или координаты всех океанографических станций), последовательность выполнения разрезов, затраты времени в сутках по отдельным разрезам, этапам и всего рейса. В зависимости от предварительного анализа материалов произведенных наблюдений план некоторых видов работ может быть уточнен во время рейса.

Устанавливают: 1) время работы на станциях, 2) время, затрачиваемое на переходы, 3) время на заходы в порты для пополнения запасов воды и топлива, 4) штормовой запас времени.

Время работы на станциях зависит от глубины, до которой выполняются станции, числа горизонтов, возможности одновременного производства различных видов наблюдений (например: батометрии, взятие проб грунта, волнографных измерений, сбор планктона и др.) и используемого оборудования.

При расчете ходового времени учитывается время, необходимое на переходы из базы в район работ и обратно, время на переходы между станциями и время на заходы в промежуточные базы для пополнения запасов воды и топлива. Продолжительность этапов рейса планируется в зависимости от автономности судна по запасам топлива и воды (этап — время между заходами в базы). В приложении 10 даются указания к расчету продолжительности рейса с учетом ветроволновых условий.

Штормовой запас (резерв) времени зависит от района работ, времени года, типа и водоизмещения судна. При планировании учитываются вероятные метеорологические условия в районе плавания для данного сезона года.

При планировании штормового запаса времени учитываются:

1) вероятные метеорологические условия (сила ветра и степень волнения) в районе плавания для каждого сезона года;

2) потери скорости хода данного типа судов в зависимости от силы ветра, направления и степени волнения;

3) возможность производства океанографических работ с данного типа судна в штормовых условиях (см. регламент для различных типов судов в [143];

4) парусность судна, которая при сильных ветрах приводит к увеличению угла наклона троса, что увеличивает затраты времени на выполнение станций.

В среднем штормовой запас планируется от 10 до 15% от общей продолжительности рейса. Для точного планирования необходимо иметь данные затрат времени при различных погодных условиях, для разных типов судов. Эти данные могут быть получены путем анализа нескольких предыдущих рейсов, проведенных в различные сезоны года.

В результате расчета времени уточняют протяженность разрезов, число станций на разрезах и в конечном итоге продолжительность отдельных этапов и всего рейса.

К рейсовой программе должна быть приложена схема расположения разрезов, станций и список координат.

3.3. Обеспечение рейса оборудованием, приборами и расходными материалами

Количество и наименование оборудования, приборов и расходных материалов, необходимое для обеспечения выполнения программы рейса, подбираются в соответствии с планом предстоящего рейса. При составлении заявки на оборудование и приборы следует руководствоваться перечнем типового гидрометеорологического оборудования и приборов для оснащения океанографических судов, приведенным в приложении 1.

Кроме рабочего комплекта оборудования и приборов, необходимо иметь на судне полный комплект запасного оборудования и приборов, запасных частей, электрических батарей, контрольно-измерительных приборов и инструментов.

Наиболее часто выходят из строя термометры, термоглубомеры, бюретки, пипетки, изнашивается и теряется трос, протачиваются шкивы блок-счетчиков, теряются концевые грузы и посыльные грузики.

С внедрением в практику океанографических работ большого количества электро- и радиоизмерительной аппаратуры в рейсе необходимо иметь комплект контрольно-измерительных приборов, запас радиоламп, нужные номиналы сопротивлений и конденсаторов, монтажные провода и кабели. Химические и фотореактивы берутся в рейс в количестве, превышающем норму на 10—15%.

При подборе и получении оборудования, приборов, расходных материалов и реактивов необходимо на месте проверить комплектность, внешнюю сохранность, наличие свидетельств о тарировке и поверке (сертификатов), описаний, паспортов, а если возможно,

то испытать приборы в работе. Этого правила следует придерживаться при получении оборудования и приборов из ремонта.

Отобранное оборудование, приборы и расходные материалы должны быть доставлены на судно под присмотром ответственного лица не позже как за 7—10 дней до выхода в рейс. На судне еще раз проверяется наличие и сохранность всего доставленного.

Следует помнить, что отсутствие прибора, реактива и т. п., обнаруженное после выхода в море, может привести к возвращению судна в порт.

3.4. Подготовка оборудования и приборов к наблюдениям

До выхода в море все рабочее оборудование и приборы должны быть расставлены по своим постоянным местам и соответственно закреплены. Запасное оборудование и материалы размещаются в отдельных для этого помещениях и надежно крепятся до выхода в море.

После установки проводится проверка приборов и оборудования в работе. Готовятся растворы и навески реактивов, с тем чтобы до выхода в море убедиться в их пригодности для работы.

Бланковый материал, пособия и таблицы размещаются в рабочих помещениях по принадлежности.

Особое внимание следует обратить на исправность лебедок, для чего наиболее опытные работники экспедиции, совместно с судовыми механиками, проводят опробование механизмов и электрооборудования на холостом ходу, а затем и под нагрузкой. Вновь установленные лебедки или не проверенные под нагрузкой после заводского ремонта нельзя считать готовыми к рейсу.

После проверки исправности лебедок производится проверка годности тросов (если они набраны на лебедки ранее). С тросов снимается консервирующая смазка, участки троса с проржавевшими прядями, калышками, ослабленными сплеснями — вырубаются, а пригодный к работе трос заново сращивается. Проверяют, проворачиваются ли кран-балки, исправны ли оттяжки или поворотные механизмы кран-балок. Проверяют исправность креплений и лееров откидных площадок, надежность крепления стоек, исправность палубного и забортного освещения рабочих мест.

Одновременно проводится проверка в работе приборов и аппаратуры, установленных в лабораториях. Способы проверки приведены в параграфах, где эти приборы, оборудование и аппаратура описаны.

В процессе подготовки личный состав экспедиции знакомится с правилами по технике безопасности и перед выходом в море принимаются зачеты. При этом следует руководствоваться «Правилами по технике безопасности при производстве гидрометеорологических работ» [143].

Порядок подготовки судовых механизмов, навигационного обеспечения, материально-технического снабжения и т. п. регламентируется «Уставом службы на судах ГУГМС» [183].

3.5. Пробный (испытательный) выход в море

Пробный выход в море проводится, как правило, на судах, вновь оборудованных, после установки нового оборудования и приборов, а также после переоборудования или большого ремонта. Пробный выход в море для испытания нового оборудования перед основным рейсом является обязательным, независимо от длительности предстоящего рейса.

В пробном рейсе проверяются палубное оборудование (лебедки, кран-балки, откидные площадки, стабилизирующие установки, якорные устройства и т. п.), работа тралов, дночерпателей, грунтовых трубок, чувствительная к условиям качки аппаратура, приборы с забортными датчиками, опускаемые на большую глубину или на ходу судна, производится пробная постановка буйковой станции.

1. Океанографические лебедки испытываются, начиная с малых нагрузок, которые постепенно доводятся до близких к рабочим нагрузкам.

В процессе испытаний проверяются:

а) навивка тросов на барабан под рабочим натяжением,

б) плавность набора лебедкой скоростей при переключении контроллера,

в) стабильность мощности электромотора лебедки под нагрузкой при всех положениях контроллера,

г) ровный без рывков и остановок ход тросоукладчика,

д) исправное действие механических тормозов и электромагнитного тормоза мотора.

2. Батитермографы проверяются на точность показаний глубины и температуры.

3. У радиоволнографа и волнографа открытого моря испытываются:

а) герметичность контейнера,

б) герметичность датчиков,

в) сохранность изоляции кабелей,

г) проводится тарировка датчиков.

4. У самописцев температуры воды и течений (БПВ) испытываются герметичность корпусов и надежность хода часовых механизмов.

5. Буи автономных станций проверяются на грузоподъемность.

6. Проверяется схема связи с базой и другими судами экспедиции.

При проведении испытаний оборудования и приборов выполняется несколько океанографических станций. Производится траление, работа с грунтовыми трубками и дночерпателями, планктонными сетками и т. п. Осуществляется постановка и снятие буйковой станции. Попутно проверяется лабораторная аппаратура, организация работ, уточняется распределение личного состава по отрядам и вахтам.

Обнаруженные в пробном рейсе недостатки и неисправности устраняются в процессе испытаний или по возвращении на базу.

3.6. Личный состав и организация работ

Команда судна и научно-технический состав экспедиции выполняют общие задачи, поставленные программой рейса, и поэтому объединяются в единый коллектив. В течение рейса принятый на экспедиционных судах порядок не должен нарушаться ни командой, ни экспедиционным составом при производстве всех видов работ.

При комплексных океанографических исследованиях, когда в программе рейса помимо гидрометеорологических работ имеются и другие исследования, например, по аэрологии, геологии, по геофизике, гидрохимии, гидробиологии, экспедиционный состав делится обычно на отряды. Число отрядов и состав их зависит от задач и объема работ, предусмотренных программой. В соответствии с числом отрядов и их загруженностью на весь рейс устанавливается численность научно-технического состава экспедиции.

Ниже будет разбираться работа океанографического отряда, в состав которого входит гидрохимическая группа.

Наблюдательский состав при продолжительности работ в рейсе более суток распределяется по вахтам.

Длительность вахт не должна превышать восьми часов.

Наиболее благоприятными, не снижающими трудовой активности и внимания, являются вахты по четыре часа через восемь, что совпадает с судовыми вахтами. При больших переходах между станциями и продолжительной работе на них смена вахт производится через одну или две станции, но не более чем через сутки.

Если работа в рейсе ограничивается только наблюдениями за температурой воды на разных горизонтах, гидрохимическими и гидрометеорологическими наблюдениями, то при удобном расположении лебедки, кран-балки и стойки с батометрами вахта обычно состоит из трех человек — двух океанологов и одного гидрохимика. Если в программе работ имеются еще наблюдения за течением, волнением, состав вахты увеличивается до 4—6 человек. Работой вахты руководит старший вахты, в обязанности которого входят контроль за соблюдением установленного порядка работы на станции и ведение записи в палубном листке или журнале наблюдений.

На больших судах, когда забортные и другие работы одновременно ведут несколько отрядов, целесообразно выделять дежурных по экспедиции для координирования последовательности работ отрядов. Обязанности и права дежурных определяются инструкцией, утверждаемой на рейс начальником экспедиции и капитаном.

На основе плана рейса иногда полезно составлять более детальные планы на отдельные этапы рейса, в которых уточнять, когда и сколько времени может работать каждый отряд.

С началом рейса из опытных специалистов (независимо от их участия в работе вахт) создается группа критического контроля.

В обязанность этой группы входит технический и критический контроль результатов наблюдений с целью выявления нарушений методики наблюдений или неисправности приборов. Обычно за счет сокращения численности вахт в отряде создается группа обработки, которая проверяет первичную обработку наблюдений, проведенную вахтами, и производит вторичную обработку материалов наблюдений до составления отчетных таблиц, графиков, карт и др. Для повышения квалификации рекомендуется в течение рейса предоставить возможность всем работникам отряда работать как в вахтах, так и в группе обработки.

Между производством наблюдений и обработкой материалов до отчетных форм не должно быть большого разрыва во времени.

Начальник отряда обязан осуществлять личный контроль за соблюдением методики наблюдений и обработки всеми подразделениями отряда.

3.7. Порядок наблюдений на океанографических станциях

Работы на океанографической станции ведутся в порядке, установленном в соответствии с программой рейса и объемом работ различных отрядов. Очередность забортных работ должна быть установлена таким образом, чтобы все наблюдения выполнялись с наименьшей затратой времени без возникновения аварийных ситуаций (сцепления и обрыва тросов, потерь приборов и т. п.) и излишних маневров судна. Имеются два варианта работ.

Первый вариант (судно в дрейфе). Ведутся наблюдения за температурой воды, гидрохимическими и гидрометеорологическими элементами:

а) за 15—20 мин до начала станции с мостика предупреждают о начале работ, вахта выходит на рабочее место;

б) наблюдатели при необходимости вываливают за борт откидные площадки, проверяют крепления и ограждающие устройства площадок, состояние опускаемых приборов, заполняют палубный листок предварительными записями, вставляют стекло в батитермограф; гидрохимики готовят посуду для проб, расходные реактивы, заполняют палубный листок;

в) до полной остановки штурман приводит судно рабочим бортом на ветер, наблюдатели выводят концевой груз за борт, опускают его до воды;

г) после сообщения с мостика о глубине места и разрешения вахтенного штурмана начать работу определяют предельный горизонт наблюдений, проводят зондирование 200-метрового слоя батитермографом и опускают серию батометров на нижние горизонты (при отсутствии эхолота, на небольших глубинах после остановки судна до начала океанографических работ производят измерения глубины места тросом с лебедки);

д) если работа ведется с двух лебедок, то после опускания глубоководной серии батометров опускается серия батометров на верхние горизонты; опускание и подъем верхней серии производится во время выдержки и прохождения посыльных грузиков на глубоководной серии;

е) во время выдержки верхней серии батометров наблюдатели определяют цвет и прозрачность воды, проводят гидрометеорологические наблюдения (или берут данные в метеорологическом отряде); на высокобортном судне и при большой прозрачности белый диск опускается на тросе океанографической лебедки (в этом случае определение прозрачности и цвета производится после подъема первой серии батометров);

ж) по истечении времени выдержки батометров на горизонтах и прохождения посыльных грузиков серии поднимаются на борт; при подъеме батометров наблюдатель, снимающий приборы с троса, делает предварительные (без записи) отсчеты термометров и термоглубомеров и ставит батометры в стойку; предварительные отсчеты дают представление о том, как сработали приборы данной серии; отсчеты термометров и термоглубомеров последнего батометра серии производят более тщательно, с тем чтобы иметь гарантию в том, что приборы достигли заданной глубины;

з) из установленных в стойку батометров вахтенным гидрохимиком набираются в первую очередь пробы на кислород, pH и щелочность, а затем на биогены и хлор;

и) за 10—15 мин до окончания подъема батометров старший по вахте предупреждает вахтенного штурмана о скором окончании работ; после того как все приборы подняты на борт судно дает ход и ложится курсом на следующую станцию; на переходе производятся отсчеты по термометрам и термоглубомерам, определения солености и других гидрохимических элементов, первичная обработка температуры и солености, подается информация по кодам КН-05 (*TESAC*) и КН-06 (*BATHY*).

Второй вариант (судно в дрейфе). Ведутся наблюдения за температурой, гидрохимическими элементами, течением, волнением, производятся взятия проб грунта, биологические ловы (планктон, бентос и др.).

Одновременное выполнение большого количества забортных наблюдений требует четкой организации и координации работы всех отрядов и вахт во время выполнения станций. Очередность работ должна быть установлена таким образом, чтобы в первую очередь проводились те наблюдения, для которых приборы имеют полную готовность к моменту остановки судна, наблюдения занимают наименьшее время, а результаты их требуют оперативной передачи Стремление одновременно опустить за борт как можно больше приборов зачастую заканчивается сцеплением тросов, потерей приборов и времени.

Очередность при таком количестве видов наблюдений следующая:

а) после остановки судна опускается грунтовая трубка, батитермограф, выводится за борт буй радиоволнографа или опускается датчик струнного волнографа, ведется прием данных о волнении;

б) проводятся наблюдения батометрами и сопутствующие им определения (см. выше); при наличии свободных лебедок проводятся измерения течения вертушкой на верхних горизонтах (до 100 м);

в) после подъема батометров и датчика волнографа ГМ-62 измеряется течение на глубинных горизонтах и поверхностное течение с помощью поплавков;

г) производится сбор планктона (учитывая большой снос планктоновых сетей, параллельная работа с другими видами забортных работ не рекомендуется);

д) буй радиоволнографа поднимается на борт. Судно делает переход на следующую станцию.

Во время перехода судна приборы и оборудование проверяются и готовятся к дальнейшей работе.

С батометрами на океанографической станции обычно работают не менее двух наблюдателей. Обязанности между ними распределяются следующим образом: первый наблюдатель перед началом станции готовит палубный листок, проверяет готовность лебедки к работе, стоит у контроллера, производит опускание и подъем приборов, записывает показания счетчика, измеряет углы наклона троса, вычисляет притравки, записывает время наблюдения, бросает грузик, записывает первые отсчеты термометров и термоглубомеров и результаты гидрометеорологических наблюдений. Второй наблюдатель перед станцией проверяет исправность батометров, наличие грузиков, расставляет склянки для проб в гнезда стойки, подносит, навешивает на трос и снимает с троса батометры, устанавливает их в стойку, делает первые отсчеты термометров и термоглубомеров, производит инструментальные наблюдения за гидрометеорологическими элементами, опускает и поднимает белый диск-прозрачномер, определяет цвет воды во время выдержки серии, снимает отсчеты с кривой записи батитермографа и диктует их первому наблюдателю.

Первичную обработку и подачу информации оба наблюдателя выполняют вместе.

При одновременной работе с батометрами с двух лебедок необходим третий наблюдатель, который выполняет обязанности первого наблюдателя на второй лебедке, т. е. опускает и поднимает батометры (стоит у контроллера), производит отсчеты по счетчику, замеряет углы наклона троса и т. д.

При производстве многих видов наблюдений на одной станции, каждый комплекс должен обслуживаться отдельной группой специалистов-исполнителей. Одновременная работа одних и тех же наблюдателей на производстве различных видов наблюдений, как правило, приводит к понижению качества материалов наблюдений, потере приборов и времени.

3.8. Отчетная документация

После завершения экспедиционного рейса научно-исследовательского судна составляется следующая отчетная документация: рейсовое донесение капитана и начальника экспедиции (заместителя капитана по научной работе), или начальника рейса, сведения об океанографических наблюдениях, выполненных в рейсе, научно-технический отчет о рейсе.

Рейсовое донесение капитана и начальника экспедиции. Рейсовое донесение составляется в пятидневный срок после завершения рейса. Донесение состоит из двух разделов и содержит следующие сведения.

Отчет капитана. 1. Краткая навигационная характеристика рейса, мероприятия по обеспечению безопасности плавания, состояние и эффективность использования технических средств судовождения.

2. Особые случаи (повреждения корпуса судна, главных двигателей, механизмов и оборудования) с описанием обстоятельств, причин и последствий.

3. Отработка мероприятий по борьбе с водой, пожарами, использованию спасательных средств.

Отчет начальника экспедиции (заместителя капитана по научной работе). 1. Выполнение программы исследований.

2. Последовательность выполнения работ, гидрометеорологические условия плавания, схема маршрута.

3. Особые случаи (потери экспедиционных приборов и оборудования и др.) с описанием обстоятельств, причин и последствий.

4. Наиболее важные научные и практические результаты рейса.

5. Техническое состояние и эффективность эксплуатации в рейсе экспедиционных приборов и оборудования, рационализаторская работа.

Кроме того, капитаном и начальником экспедиции совместно готовятся и включаются в рейсовое донесение следующие сведения:

— оценка работы научно-технического персонала судна;

— социалистическое соревнование и техническая учеба научно-технического персонала судна;

— предложения по улучшению работы.

Рейсовое донесение капитана и начальника экспедиции высылается судовладельцу и в адрес учреждения — организатора экспедиции.

Сведения об океанографических наблюдениях, выполненных в рейсе. Сведения об океанографических наблюдениях, выполненных в рейсе по форме Roscop (приложение 9), высылаются в ЦОД в пятидневный срок после окончания рейса.

Форма составляется в одном экземпляре на русском языке. В том случае, когда программа (или часть программы) рейса объявлена для международного обмена, дополнительно составляются два экземпляра формы Roscop на английском языке. Центр океанографических данных на основе сведений Roscop выпускает

бюллетень о выполненных морских экспедициях с указанием районов работ, видов и объемов наблюдений.

Научно-технический отчет о рейсе. Научно-технический отчет о рейсе составляется научными отрядами экспедиции и высылается учреждениям, организовавшим экспедицию, в установленные адреса не позднее двух месяцев после ее окончания. Отчет состоит из следующих самостоятельных томов:

том I — текстовая часть,

том II — перфоматериалы и магнитные ленты и их описание, программы раскодировки,

том III — таблицы метеорологических наблюдений,

том IV — таблицы аэрологических наблюдений,

том V — таблицы океанографических наблюдений,

том VI — таблицы радиохимических наблюдений,

том VII — таблицы ракетного зондирования атмосферы,

том VIII — таблицы данных специальных (нестандартных) наблюдений,

том IX — таблицы ихтиологических наблюдений,

том X — таблицы гидробиологических наблюдений,

том XI — таблицы геолого-геофизических наблюдений,

том XII — материалы промерных работ,

подшивки синоптических карт, составленных и принятых в рейсе.

Том I состоит из двух частей:

часть I — общая часть, отчеты отрядов,

часть II — алгоритмы и программы для ЭВМ.

Содержание отдельных томов и частей отчета

Том I, часть 1

Том I составляется по следующей схеме.

1. Титульный лист (единый для всех томов отчета).
2. Содержание всех томов отчета.
3. Отчет начальника экспедиции:

— цель исследований, программа рейса и задачи отрядов;

— характеристика работы научных отрядов и экипажа по обеспечению выполнения программы рейса;

— наиболее важные научные результаты рейса;

— замечания и предложения по улучшению организации экспедиций и оснащению судна;

— сведения о маршруте, научно-техническом составе экспедиции, объеме выполненных работ и др. (даются в табличной форме).

4. Отчет капитана:

— сведения о навигационных особенностях рейса;

— характеристика личного состава судна;

— поведение судна в различных штормовых условиях;

— способы и точность определения координат места судна, дрейфовых и буйковых станций; таблица истинных координат океанографических станций и их глубин;

— объем выполненных промерных работ и их описание;

— характеристика работы судовых механизмов и аппаратуры;
— рационализаторская работа;
— выводы и предложения;
— журнал сноса судна под действием ветра и течений.

5. Отчет метеорологического отряда.

6. Отчет аэрологического отряда.

7. Отчет гидрологического и гидрохимического отряда:

— программа работ; методика наблюдений и обработки;

— приборы, оборудование, их размещение, сведения о тарировках и поверках приборов и установок и замене в рейсе;

— характеристика выполненных работ и наблюдений, фактическое выполнение плана и программы рейса;

— нестандартные методики наблюдений;

— характеристика неперфорированной и перфорированной информации: типы палубных книжек, коды и инструкции по перфорации;

— оценка качества перфорации;

— тип ЭВМ, количество затраченного машинного времени, перечень программ, которые использовались для машинной обработки;

— анализ обработанных материалов (описание основных разрезов и карт);

— опись наблюденных, перфорированных данных и итогов обработки;

— описание движения наблюденных данных от момента подъема приборов на борт до итогов обработки;

— предложения по улучшению работы отряда, в том числе по механизированной обработке данных наблюдений;

— рационализаторская работа.

При построении океанографических разрезов ориентация их относительно частей света производится следующим способом: если азимуты разрезов 225—314° или 45—134°, то слева располагается запад; если азимуты разрезов 315—44° или 135—224°, то слева располагается север.

Вертикальные и горизонтальные масштабы разрезов и графиков выбираются в зависимости от характера стратификации океанографических элементов и густоты станций или серий. Это же относится к выбору частоты изолиний указанных элементов при построении карт океанографических и гидрохимических элементов.

8. Отчет отряда ЭВМ.

9. Отчет радиохимического отряда.

10. Отчет отряда ракетного зондирования.

11. Отчет отрядов специальных наблюдений (указывается точное наименование каждого отряда) и т. д.

Том I, часть 2

1. Титульный лист.

2. Алгоритмы и программы обработки гидрометеорологической информации, разработанные или усовершенствованные в рейсе.

В томах II—VIII отчета перед табличным материалом в виде справки помещается раздел «Общие сведения», который составляется по следующей форме:

— название экспедиции;
— наименование судна, его водоизмещение;
— номер рейса;
— период работ;
— карта района работ с маршрутом судна;
— перечень применяемых приборов и оборудования;
— методика наблюдений и обработки;
— время наблюдений (гринвичское, поясное или солнечное);
— сводная таблица результатов наблюдений.

Том II
(перфоматериалы)

1. Титульный лист.
2. Содержание.
3. Общие сведения.
4. Опись перфоматериалов.
5. Бобины с перфолентами.
6. Листы с синхропечатью.
7. Программы раскодировки.
8. Кассеты с магнитными лентами.

Перфоматериалы готовятся в рейсе в соответствии с «Методическими указаниями по машинной обработке данных гидрометеорологических наблюдений», вып. 9, ч. 3, раздел 1, на судах, оборудованных телетайпами [23]. Если судно не оборудовано телетайпом, то перфорация осуществляется в береговом центре.

Том V
(океанографические наблюдения)

1. Титульный лист.
2. Содержание.
3. Общие сведения.
4. Таблицы глубоководных гидрологических и гидрохимических наблюдений ТГМ-3М.
5. Книжки батитермографных наблюдений КГМ-18М.
6. Книжки наблюдений за температурой воды с помощью ФТГ.
7. Таблицы инструментальных наблюдений за течениями ТГМ-16М.
8. Таблицы наблюдений за течениями ЭМИТом.
9. Таблицы инструментальных волнографных наблюдений.

Полнота научно-технического отчета и адреса рассылки. В случае отсутствия каких-либо видов наблюдений и работ, соответствующие тома не составляются. Нумерация томов при этом сохраняется обычной. Отсутствующие номера опускаются, о чем отмечается в первой части тома I отчета.

Графики, чертежи и схемы к отчету подготавливаются фото или офсетным способом. Размер приложений к отчету при этом не должен превышать развернутый стандартный лист.

Если судно оборудовано ЭВМ, таблицы тех видов наблюдений, которые проходят перфорацию, составляются машинным способом.

Количество экземпляров отчета устанавливается судовладельцем.

Один из экземпляров отчета высылается в Центр океанографических данных не позднее 2 месяцев со дня окончания экспедиции.

Примечание: для удобства обеспечения качественного копирования в ЦОД высылаются 1-е экземпляры таблиц томов III, IV, V, VI, VII, VIII.

3.9. Рекомендации по оформлению рейсовых отчетов

1. Все тома отчета переплетаются типографским способом в коленкоровый переплет. На лицевой стороне обложки каждого тома тиснением дублируется титульный лист без подписей, дат и номера экземпляра. В заголовке указываются номера рейса, тома и части.

2. При нумерации страниц учитываются все листы отчета. Номера страниц второй и последующей закладок проставляются на пишущей машинке или от руки черной тушью аккуратными цифрами, размеры которых не должны превышать шрифт пишущей машинки. Цифры проставляются в правом верхнем углу каждого листа. При этом учитываются, но не нумеруются: титульный лист, аннотация, содержание, а также рисунки и единичные экземпляры таблиц.

3. Все рисунки подписываются в центральной части внизу. Номер рисунка ставится перед подписью. Все иллюстрированные материалы (фото, графики, карты, разрезы и др.) именуются как рисунки и обозначаются сокращенно: рис. 1. (с точкой до и после цифры). Такое же обозначение (в круглых скобках) используется при ссылках на рисунки по тексту.

Рисунки вкладываются по тексту после страниц, где имеется первая на них ссылка.

В каждом самостоятельном разделе или статье отчета рисунки имеют самостоятельную нумерацию. Ссылка на них в тексте обязательна.

4. Отдельные разделы отчета и статьи должны печататься с новой страницы.

5. Не рекомендуется печатать один и тот же оригинал на машинках разных систем.

6. Все заголовки печатаются строчными буквами, кроме первой прописной, точки на конце не ставятся.

7. В конце рубрик перечисления, если рубрики эти не являются самостоятельными предложениями, но достаточно распространены, ставится точка с запятой.

Если рубрики перечисления являются самостоятельными предложениями, то в конце их ставится точка и последующие рубрики начинаются с заглавной буквы.

8. Текст должен быть равномерно разделен на абзацы (новострочия). С абзаца обычно начинается текст, заключающий новую мысль или положение.

9. В тексте не допускается:

а) подчеркивание отдельных слов и предложений,

б) сокращение слов (кроме размерностей и общепринятых сокращений),

в) соединение слов и буквенных обозначений (например, t° смоченного термометра),

г) применение без цифровых или буквенных обозначений знаков: №, ‰, %, sin и др. В тексте эти знаки пишутся словами.

10. На протяжении всего отчета должно быть соблюдено полное единообразие терминов, обозначений и условных сокращений.

11. Слова, непрерывно повторяющиеся в графах таблицы одно под другим, следует заменять кавычками, а вместо группы слов писать «то же».

12. В конце каждой части тома I отчета приводится список литературы. В тексте делаются ссылки на литературу следующим образом: [1], [3] и т. д.

13. Океанографические термины и названия приборов применять и писать в строгом соответствии с ГОСТ 18451—73 — ГОСТ 18458—73. «Океанология, термины и определения» [138]. Например, батитермограф, а не термобатиграф и т. д.

Часть II. ОБОРУДОВАНИЕ И ПРИБОРЫ. МЕТОДЫ НАБЛЮДЕНИЙ И ПЕРВИЧНОЙ ОБРАБОТКИ

Глава 4. ГЛУБОКОВОДНЫЕ ОКЕАНОГРАФИЧЕСКИЕ ЛЕБЕДКИ И УСТРОЙСТВА ДЛЯ ВЫВОДА ТРОСА ЗА БОРТ

Для опускания океанографических приборов на глубины служат океанографические лебедки. В зависимости от наибольшей глубины района исследований и характера работ применяют лебедки разных систем. Для опускания приборов на глубины до 50—100 м применяют обычно ручные лебедки. Для опускания приборов на большие глубины применяют механические лебедки с электрическим или гидравлическим приводами.

4.1. Лебедка «Океан»

Океанографическая лебедка «Океан». Лебедка предназначена для спуска и подъема океанологических приборов на судах. Лебедка разработана в двух вариантах: большая — для работы на любых глубинах и малая — для глубин до 4000 м. Это одна из первых послевоенных океанографических лебедок. Сконструирована путем переоборудования аэростатной лебедки. Зарекомендовала себя высокой надежностью в работе, и хотя сейчас промышленностью не выпускается, но имеется еще на многих экспедиционных судах.

Лебедка «Океан» (рис. 4.1) состоит из следующих основных частей: рамы *7*, барабана *6*, тросоукладывающего механизма *5*, редуктора *2*, колодочного тормоза *3* с ножным приводом *12*, храпового механизма *11* для стопорения лебедки, электромотора *1*, сопротивлений и контроллера *13* для управления лебедкой. На каретке тросоукладывающего механизма лебедки установлены блок-счетчик *4* для измерения длины троса и динамометр *14* для определения нагрузки на трос.

Все части лебедки, кроме сопротивлений, монтируются на общем основании (раме), установленном на палубе судна. Сопротивления, вследствие их больших размеров и недостаточной защиты от влаги, устанавливаются в трюмах судна.

Большая и малая лебедки различаются размерами барабанов и мощностью электромоторов.

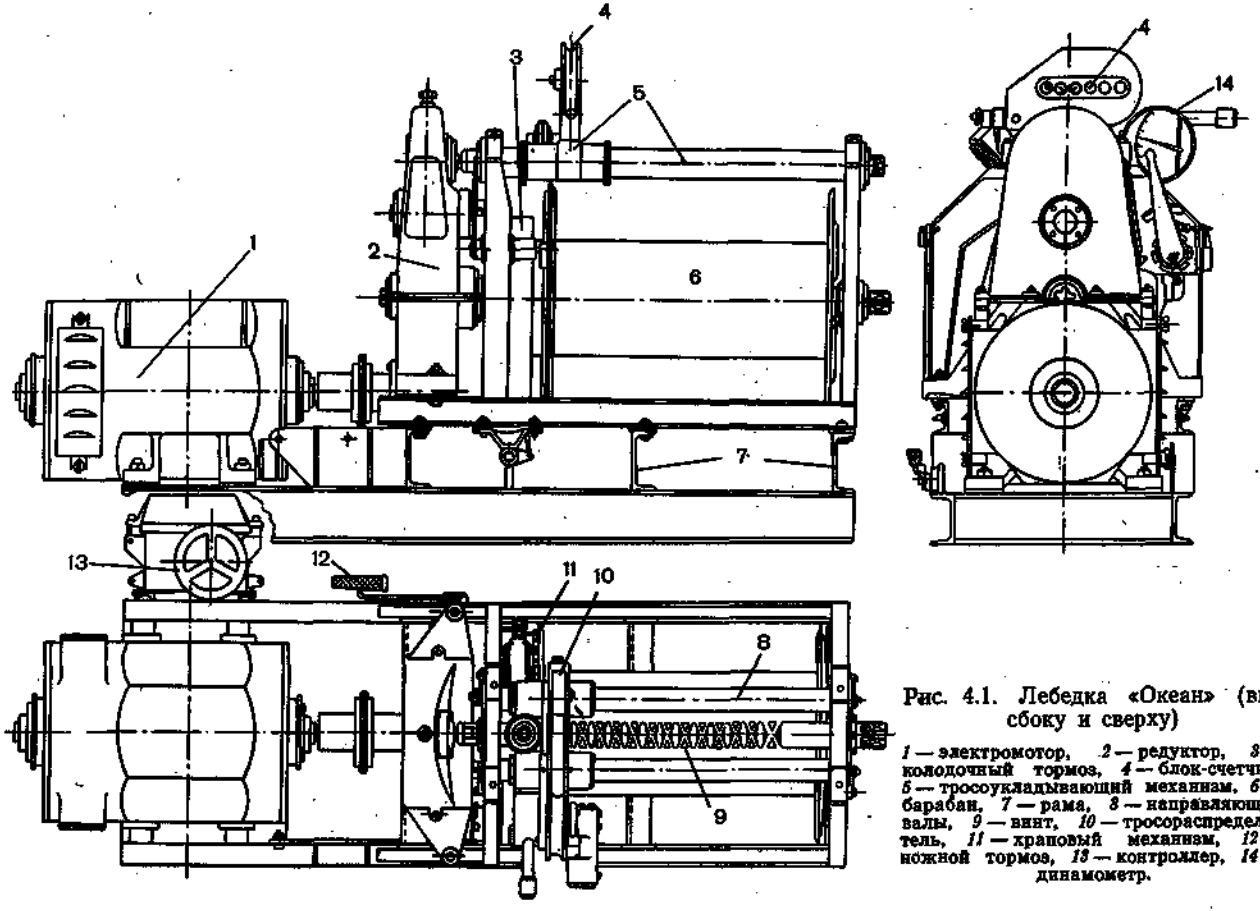


Рис. 4.1. Лебедка «Океан» (вид сбоку и сверху)

1 — электромотор, *2* — редуктор, *3* — колодочный тормоз, *4* — блок-счетчик, *5* — тросоукладывающий механизм, *6* — барабан, *7* — рама, *8* — направляющие валы, *9* — винт, *10* — тросораспределитель, *11* — храповый механизм, *12* — ножной тормоз, *13* — контроллер, *14* — динамометр.

На большой лебедке «Океан» рекомендуется применение ступенчатых тросов диаметрами 3,4—4,4 мм, на малой — диаметрами 3,0—3,6 мм.

Тросоукладчики обеих лебедок рассчитаны (по шагу червячного винта) на трос диаметром не более 5,5 мм.

При эксплуатации лебедок «Океан» следует иметь в виду, что барабан лебедки с электромотором через редуктор соединен жестко и свободного хода не имеет. Остановка барабана происходит автоматически. При выключении электропитания срабатывает магнитный тормоз электромотора, чем и стопорит мотор и барабан в нужном положении. Автоматическое торможение происходит резко, поэтому переключение скоростей контроллером следует производить плавно и перед выключением контроллера необходимо тормозом *3* снизить скорость вращения барабана до минимума. Это избавит трос от резких рывков, которые неизбежны при пользовании только магнитным тормозом.

Основные технические характеристики

	Большой „Океан"	Малый „Океан"
Емкость барабана (при тросе диаметром 3,5 мм), м	12 500	4500
Максимальная полезная нагрузка, кг:		
рабочая	700	300
кратковременная	1 000	400
Мощность электродвигателя, кВт	18—22	3,8—7,2
Скорость опускания и подъема троса, м/с	0,3—4,5	
Размеры, мм:		
длина (с мотором)	2 260	1600
ширина	820	820
высота	1 270	1190
Масса (без троса), кг	1 250	860

Свободное вращение барабана достигается выключением питания и автоматического тормоза электромотора. Барабан в этом случае можно проворачивать вручную вместе с якорем электромотора. Храповым стопорным устройством пользуются только при неисправном автоматическом тормозе электромотора.

Для равномерной укладки троса при наматывании его на барабан и для изменения направления троса при поступлении его на лебедку (или при сматывании с лебедки) служит тросораспределительный механизм. Тросоукладчик лебедки имеет постоянное соединение с барабаном через редуктор. Шаг укладки троса постоянный. Тросоукладчик состоит из двух направляющих валов *8*, винта *9* с перекрестной (правой и левой) нарезкой, каретки тросораспределителя *10*, на которой смонтированы челнок, динамометр и блок-счетчик.

При необходимости вращения барабана на холостом ходу нужно предварительно вывести трос из блоков тросоукладчика, конец троса закрепить на барабане, отметить риской (краской или насечкой) точное положение и направление движения тросоуклад-

чика. После этого барабан можно вращать на холостом ходу (например, при регулировке контроллера, редуктора и др.) на любой скорости и любое время — так долго, как это необходимо. Для приведения лебедки в рабочее состояние после регулировки достаточно подогнать тросоукладчик к риске и завести трос в блоки.

При осмотре лебедки перед работой проверяют:

1) работу ножного колодочного тормоза, педаль которого должна легко ходить вниз и возвращаться в верхнее положение под действием пружины; обе колодки должны плотно прилегать к поверхности венца барабана; поверхности колодок и венца барабана должны быть чистыми и сухими;

2) работу тросоукладчика, каретка которого должна двигаться плавно, без рывков и остановок, направляющие валы и червячный винт хорошо смазаны; шкивы блоков должны свободно вращаться и плотно прилегать к щекам блоков; кипы шкивов не должны иметь сквозных прорезей; блок-счетчик должен свободно поворачиваться на оси и наклоняться вправо и влево до упоров;

3) работу динамометра проверяют путем подвешивания на трос грузов различного веса, действие его должно начинаться с нагрузки 20—25 кг (в случае неисправности динамометра подвижной конец оси шкива должен быть застопорен прижимным винтом во избежание перекоса шкива).

Во время работы лебедки наблюдателю следует избегать резких переключений контроллера и стараться плавно вводить в режим лебедку путем поочередного перехода от одной скорости к другой. Резкое переключение контроллера через несколько скоростей может привести к поломке шестерен редуктора или обрыву троса.

При обнаружении неисправности в механической или электрической частях лебедки, возникновении посторонних шумов и т. п. необходимо немедленно поставить в известность судовых механиков.

Кабельный приставной барабан к лебедке «Океан». Кабельный приставной барабан к лебедке «Океан» предназначен для работ с приборами, применяемыми с трехжильными (и меньшим числом жил) кабелями. Общий вид лебедки «Океан» с присоединенным к ней кабельным приставным барабаном показан на рис. 4.2. Для установки приставного барабана раму лебедки удлиняют, на нее ставят опоры с подшипниками. Ось кабельного барабана укладывают на опоры и посредством переходной муфты соединяют со свободным концом оси основного барабана лебедки. Кабельный барабан имеет габариты барабана малой лебедки «Океан». Емкость его при кабеле КТШ-03 (диаметром 12 мм) 400 м, а при кабеле КОБТ-4 (диаметром 8 мм) — 800 м. Коренной конец кабеля пропускают внутрь барабана, проводом внутри полой оси и присоединяют жилы кабеля к клеммам масляного трехканального коллектора, применяемого для каротажных работ и обеспечивающего высокое сопротивление изоляции линии. Приставной барабан приводится во вращение лебедкой «Океан». Укладку кабеля на барабан осуществляют вручную.

Кабельная турачка к лебедкам «Океан» и ЛЭРОК. Для подъема приборов, применяемых с кабелями (волнографа, термозонда и др.), особенно в тех случаях, когда переходное сопротивление должно быть малым и стабильным, можно воспользоваться турачкой, предложенной Б. А. Максимовым. Общий вид турачки и размеры ее показаны на рис. 4.3. Турачка изготавливается из чугуна (на рисунке она показана деревянной). Она надевается на свободный конец оси барабана лебедки «Океан» и крепится к ней винтом М-8. Для этого в оси имеется резьбовое отверстие для винта глубиной 40—50 мм.

Рис. 4.2. Лебедка «Океан» с кабельным приставным барабаном.

Турачку можно сделать и на месте. Для этого берут девять досок длиной 25 см. Доски складывают в три ряда по три штуки в ряду. Направление досок одного ряда должно быть перпендикулярным направлению досок соседнего ряда. Доски сколачиваются гвоздями. Из получившегося параллелепипеда на станке вытачивают диск. Основные размеры его показаны на рис. 4.3. В центре диска делают отверстие квадратного сечения размерами 32×32 мм. Во избежание разрабатывания его усиливают железными шайбами толщиной 4—5 мм, каждая из которых крепится к турачке восемью шурупами. Полностью собранную турачку окрашивают масляной краской. Турачку надевают на ось лебедки и крепят к ней винтом М-8.

При работе лебедкой с кабельной приставкой или турачкой трос должен быть снят с блоков и закреплен на барабане.

4.2. Лебедка ЛЭРОК

Лебедка ЛЭРОК (лебедка электроручная океанографическая) разработана в двух вариантах — ЛЭРОК-0,5, барабан которой вмещает 4500 м троса диаметром 3,6 мм, и ЛЭРОК-1,2, рассчитанная

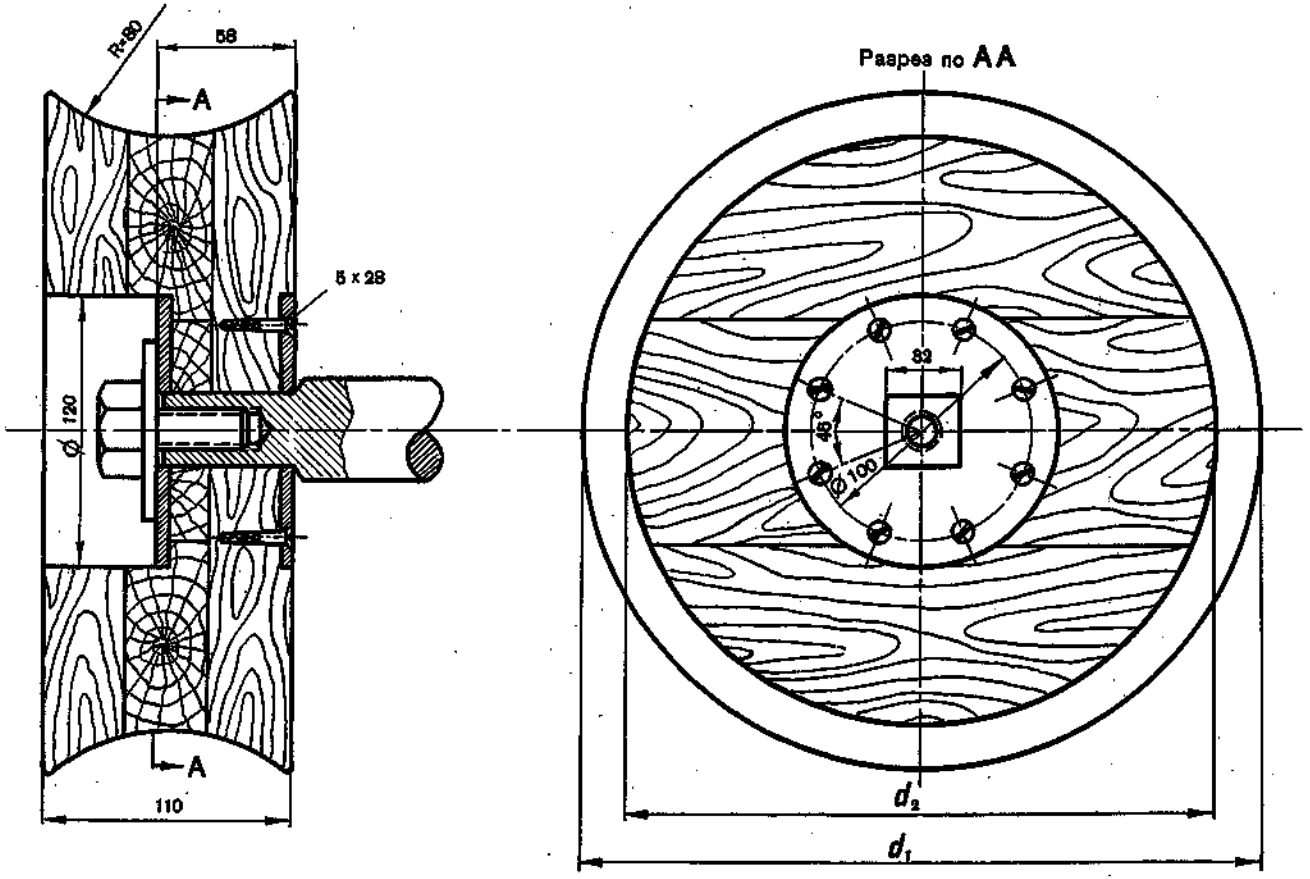


Рис. 4.3. Кабельная турачка к лебедкам «Океан» и ЛЭРОК.

на 12 500 м ступенчатого троса диаметром от 3,0 до 5,1 мм. Индексы 0,5 и 1,2 обозначают максимальную нагрузку лебедок в тоннах. По конструкции оба типа одинаковы и различаются только тросоемкостью барабанов, мощностью электромоторов и габаритами.

Лебедка ЛЭРОК во многом сходна с лебедкой «Океан». Она отличается большей мощностью двигателя, большей грузоподъемностью. Достоинством является наличие редуктора, который позволяет менять шаг укладки троса. Однако эксплуатация и ремонт несколько затруднены, в отличие от лебедки «Океан».

Лебедка ЛЭРОК (рис. 4.4) состоит из следующих основных частей: барабана с редуктором *1*, тросоукладывающего механизма *2*, ножного ленточного тормоза *3*, кулачкового контроллера *4*, электромотора *5*, фундаментальной рамы *7*, ручного ленточного тормоза *9*, ручного привода (на рисунке не показан).

Редуктор с барабаном *1* состоит из гладкого барабана сварной конструкции и тормозного шкива, внутри которого вмонтирован цилиндрический редуктор с внутренним зацеплением, передающий вращение на барабан.

На конце вала насажен тормозной шкив, на который устанавливается ручной ленточный тормоз *9*, служащий для стопорения водила.

Барабан *1* своими цапфами опирается на две стойки *6* и *8* со сферическими роликоподшипниками, установленными на раме *7*.

Тросоукладывающий механизм *2* состоит из винта с перекрестной (правой и левой) нарезкой, установленного в сферических шарикоподшипниках на стойках *6* и *8* двух направляющих, жестко укрепленных на тех же стойках, каретки тросоукладчика, на которой смонтированы блок-счетчик и динамометр. Переводом рычага каретка выключается и может быть установлена в любом положении вращением червячного винта вручную посредством рукоятки *10*.

Лебедка снабжена ножным ленточным тормозом *3*, состоящим из стальной ленты с обкладкой из тормозной асбестовой ткани и педали, выведенной около места установки контроллера *4*.

Ручной ленточный тормоз *9* служит для закрепления барабана в заданном положении. Он состоит из тормозной ленты с асбестовой обкладкой, винта и маховика.

У ЛЭРОК-0,5 установлен электродвигатель *5* ДПМ-31 постоянного тока напряжением 220 В, мощностью 11,5 кВт и шестикулачковый контроллер *4*, позволяющий давать лебедке пять скоростей в пределах от 0 до 4,3 м/с [1].

У ЛЭРОК-1,2 установлен двигатель ДПМ-42 постоянного тока напряжением 220 В, мощностью 35 кВт и шестикулачковый конт-

---

[1] Скорость выбирания троса при минимальном натяжении. При максимальном натяжении скорости выбирания троса меняются от 0 до 2 м/с.

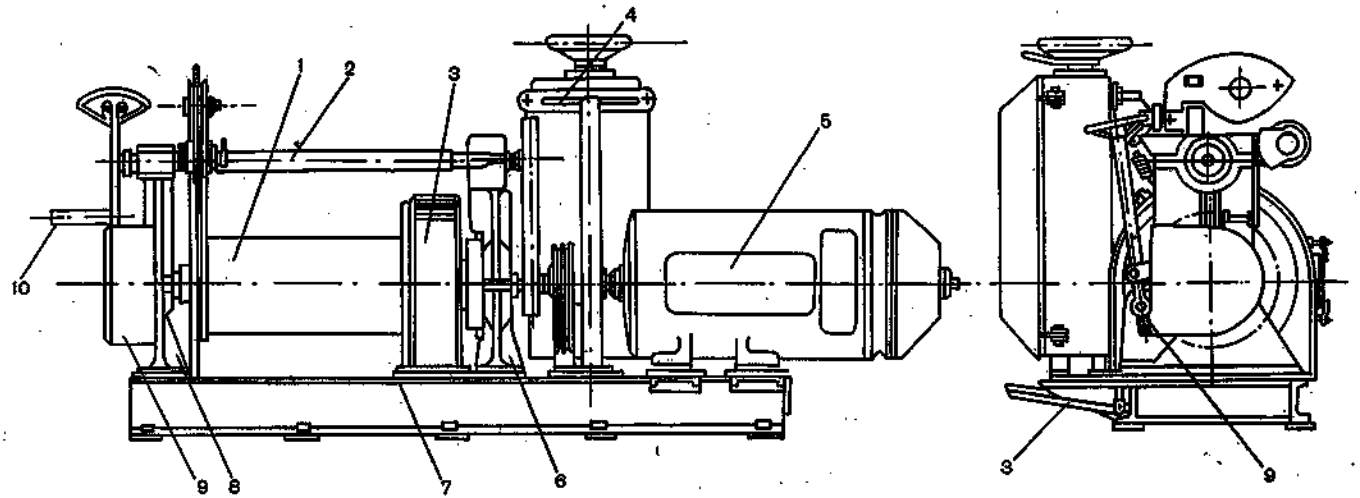


Рис. 4.4. Лебедка ЛЭРОК.

1 — барабан с редуктором, *2* — тросоукладывающий механизм, *3* — ножной ленточный тормоз, *4* — кулачковый контроллер, *5* — электромотор, *6* — стойки, *7* — фундаментальная рама, *8* — стойка, *9* — ручной ленточный тормоз, *10* — рукоятка.

роллер, позволяющий давать лебедке пять скоростей в пределах от 0,4 до 4,4 м/с[1].

Конструкция ЛЭРОК позволяет разобщать тросовый барабан с электромотором освобождением тормозного шкива и наоборот. При необходимости приборы можно спускать под действием собственного веса, не включая электромотор.

У лебедки имеется ручной аварийный привод (на рисунке он не показан), которым через цепную передачу осуществляется вращение барабана. При работе электродвигателя цепь ручного привода должна быть снята.

Основные технические характеристики

	ЛЭРОК-1,2	ЛЭРОК-0,5
Емкость барабана, м (при тросе диаметром 3,0; 4,0; 5,1 мм)	12 500	4500
Нагрузка, кг:		
максимальная	1 200	500
рабочая	1 000	300
Мощность электродвигателя, кВт	35	11,5
Скорость выбирания, м/с:		
при нагрузке 1200 кг	1,75	
при нагрузке 225 кг	4,5	4,5
Размеры, мм:		
длина	2 810	—
ширина	1 200	1200
высота	1 270	1270
Масса лебедки с электрооборудованием, кг	2 060	—

Заводом-изготовителем в комплекте прилагается описание и инструкция по обслуживанию лебедки ЛЭРОК.

4.3. Лебедка ЛГ-1200

Лебедка ЛГ-1200 предназначена для опускания приборов на глубины до 1200 м.

Лебедка (рис. 4.5) состоит из следующих основных частей: барабана *2*, рамы *6*, коробки передач *1*, тросоукладывающего механизма *4*, электромотора *3* и контроллера. Барабан установлен на валу на двух шарикоподшипниках. Один конец вала установлен на шарикоподшипнике в коробке передач, другой конец его закреплен на роликоподшипнике в стойке барабана.

К одной реборде барабана приварен обод, внутри которого помещена муфта-тормоз, с помощью которой производится сцепление барабана с валом. Муфта-тормоз состоит из двух дисков, соединенных с валом (фрикционных дисков) и одного тормозного диска, соединенного с ободом барабана. Фрикционные диски с помощью пружины сжимают тормозной диск и сцепляют таким образом барабан с валом. Сила затяжки пружин регулируется так, чтобы при

[1] Скорости выбирания троса при минимальном натяжении. При максимальном натяжении скорости выбирания троса меняются от 0,6 до 1,75 м/с.

нагрузке на трос лебедки, превосходящей допустимую[1], происходило проскальзывание дисков, исключая обрыв троса или поломку механизма лебедки от перегрузок. Расцепление муфты тормоза производится с помощью рычага *5*, усилия его передаются на фрикционные диски, которые, раздвигаясь, сжимают пружину и освобождают тормозной диск. Изменяя силу нажатия на рычаг, можно регулировать скорость вытравливания троса. На ободе барабана расположены выступы, в которые упирается собачка, поджимаемая пружиной. Собачка служит для закрепления барабана

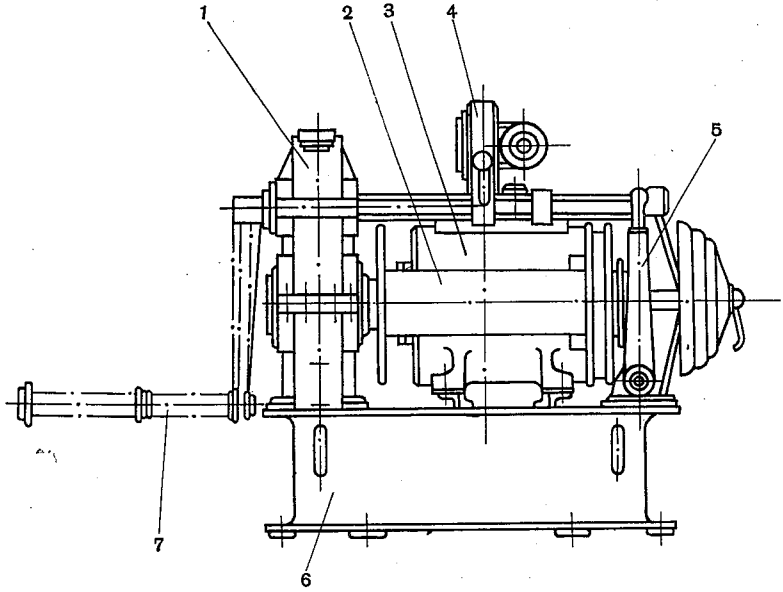


Рис. 4.5. Лебедка ЛГ-1200.

1 — коробка передач, *2* — барабан, *3* — электромотор и контроллер, *4* — тросоукладывающий механизм, *5* — рычаг, *6* — рама, *7* — рукоятка.

в требуемом положении. Она расположена на валике в кронштейне, закрепленном на раме болтами. Валик выведен на стойку и заканчивается рукояткой, с помощью которой собачка выдвигается из зацепления с ободом барабана.

Выбирание троса производится при помощи электромотора постоянного тока типа МПМ-12 мощностью 3,2 кВт. Электромотор защищен кожухом от брызг морской воды. Кожух вместе с тем имеет достаточную вентиляцию.

Вращение вала мотора при помощи шестерен, находящихся в коробке передач, передается на вал барабана.

---

[1] Максимальное тяговое усилие при подъеме океанографических приборов (перед кран-балкой) 160 кг.

Скорость вращения барабана регулируется контроллером. В зависимости от включенной ступени контроллера и от натяжения троса скорость может меняться от 0,4 до 2,7 м/с.

Вытравливание троса производится под действием силы тяжести приборов. При этом барабан отключается от вала путем отцепления фрикционных дисков от тормозного. Скорость спуска регулируется степенью сжатия фрикционных дисков. При необходимости (при малом весе приборов) вытравливание троса может осуществляться с помощью электродвигателя. В этом случае скорость вытравливания регулируется контроллером.

При выходе из строя электропривода выбирание троса можно производить ручным приводом при помощи рукоятки *7*. При подъеме приборов ручным приводом собачка отжимается выступами в ободе барабана.

Над барабаном установлен тросоукладывающий механизм *4*. Он состоит из двух направляющих валов, винта с перекрестной (правой и левой) нарезкой и каретками тросоукладчика. Винт тросоукладчика связан с шестернями коробки передач, которые передают ему вращение барабана. При вращении барабана одновременно с ним в том же направлении вращается и винт тросоукладчика. Челнок при этом может двигаться по нарезке. Челнок устроен так, что он может перемещаться по правой и левой нарезке винта, переходя на концах винта с одной нарезки на другую. Каретка при этом двигается вместе с челноком, скользя на четырех опорах на бронзовых втулках по направляющим и укладывая равномерно трос на барабане. На головке закреплены два ролика (один из них центрирующий) и установлена масленка, заполненная густым маслом для смазки проходящего троса. Все части лебедки укреплены на раме *6*, имеющей отверстия для крепления лебедки к палубе судна.

На базе лебедки ЛГ-1200 сконструирована лебедка для опускания батитермографа на ходу судна. Для этого к лебедке ЛГ-1200 приделаны подгоняющее устройство, ножной тормоз и счетчик оборотов.

Диапазоны скоростей, развиваемых этой лебедкой,— 0,4—10 м/с. Приборы, как правило, спускаются под действием их собственного веса. При малом весе приборов и при необходимости опускать их с большой скоростью они погружаются при помощи мотора. Для этого включают подгоняющее устройство.

4.4. Двухбарабанная кабельная лебедка

Двухбарабанная кабельная лебедка предназначена для работы с геоэлектромагнитным измерителем течений (ЭМИТ) и другими приборами.

Лебедка (рис. 4.6) имеет два барабана *1*, которые могут вращаться вместе и раздельно. Передача от вала двигателя *9* к барабанам осуществляется через червячный редуктор *2*. Подключение каждого барабана к редуктору производится с помощью кулачковой муфты, передвигаемой рычагом *6*. Каждый барабан имеет нож-

ной ленточный тормоз *8*, стопор *7*, ручной кабелеукладчик *5* и трехжильный коллектор, позволяющий снимать электросигналы с трех жил кабеля во время работы лебедки.

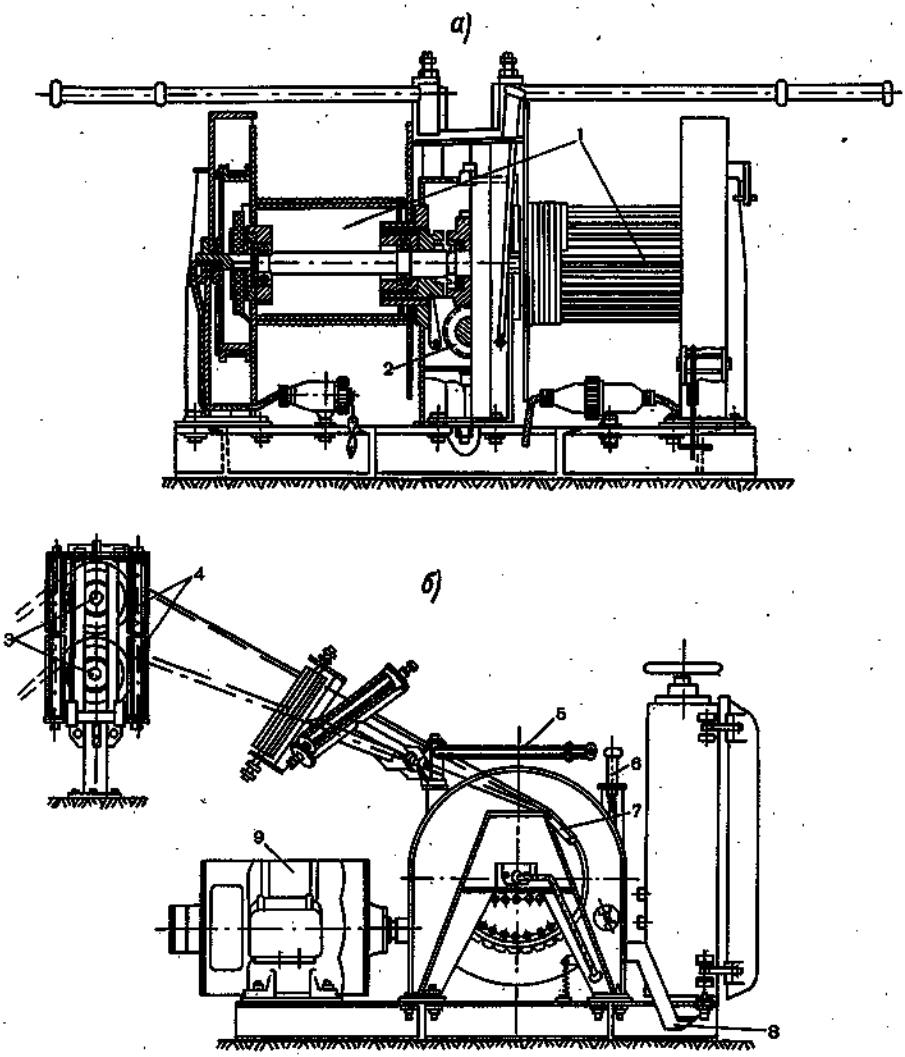


Рис. 4.6. Общий вид двухбарабанной кабельной лебедки.

а — вид спереди без контроллера, *б* — вид сбоку.
1 — барабаны, *2* — червячный редуктор, *3* — система блоков, *4* — направляющие цилиндры, *5* — ручной кабелеукладчик, *6* — рычаг, *7* — стопор, *8* — ножной ленточный тормоз, *9* — двигатель.

Редуктор и коллекторы барабанов защищены от попадания в них воды. Для вывода кабеля за борт к лебедке придается специальное устройство, состоящее из системы блоков *3* и направляющих

цилиндров *4*, монтируемых на штангу, установленную на борту судна.

Основные технические характеристики

Емкость каждого барабана (при кабеле диаметром 12 мм), м	300
Наибольшее тяговое усилие на барабане, кг	150
Максимальная скорость подъема, м/с	1,4
Минимальная скорость подъема, м/с	0,4
Мощность электромотора, кВт	4,4
Размеры, мм	1 530×1 110×970
Масса, кг	275

4.5. Установка и размещение лебедок на палубе, уход за ними

Установка лебедок как ручных, так и с электромеханическими приводами на исследовательских судах производится на открытых палубах вблизи бортов судна.

Положение лебедок на палубе должно отвечать следующим условиям:

1) прочность крепления лебедки должна превышать в десятикратном размере максимальную нагрузку на лебедки;

2) тросовый барабан лебедки своей серединой должен располагаться против центра откидной площадки или среднего положения блока на кран-балке;

3) между лебедкой и фальшбортом судна расстояние должно быть не менее 0,6 м, что обеспечивает свободный проход наблюдателя к рабочему месту с приборами;

4) пульт управления (контроллер, паровые или гидравлические клапана и т. п.) должен быть расположен таким образом, чтобы наблюдатель имел в поле зрения забортное пространство, блок-счетчик лебедки и мог действовать педалью ножного тормоза.

Размещение лебедок на палубах судна выполняется в зависимости от устройства палуб и необходимого числа лебедок для обеспечения работ, для которых предназначено судно. Лебедки должны размещаться на палубе, свободной от перекрытий, тентов, тросовых оттяжек и других палубных устройств. По возможности лебедки устанавливаются ближе к срединной части судна, соблюдая наибольшее возможное удаление от носового и кормового подзоров судна. Между лебедками одного борта расстояние должно быть не менее 10 метров, что позволит работать лебедками одновременно. Около каждой лебедки устанавливаются кран-балки и на высокобортных судах откидная площадка. Особое внимание должно быть обращено на установку светильников для освещения циферблатов счетчиков и окололебедочного забортного пространства. Для этого кроме плафонных светильников для освещения палубы должны быть установлены прожекторы забортного освещения.

Рабочие площадки на высокобортных судах, как правило, устанавливаются против барабана лебедки и делаются откидными

с леерным ограждением или ограждением из металлических труб. В рабочем положении площадка крепится жестко, с тем, чтобы ударом волны ее не подняло вверх. Вблизи от лебедок устанавливаются стойки для батометров, вертушек или других приборов, предназначенных для работы на той или иной лебедке. Подступы к контроллерам лебедок и рабочим площадкам должны быть свободными и легкодоступными. Палуба около лебедок и стоек для приборов всегда должна содержаться в чистоте. В штормовую погоду и при сильных осадках места подходов должны быть посыпаны песком.

Для обеспечения исправной работы лебедок необходимо систематически производить смазку направляющих тросоукладчика, следить за свободным проворачиванием шкивов блоков, износом кипов блоков, свободным ходом рукояток, винтов и педалей тормозов; при обнаружении неисправностей в отдельных узлах лебедок — вызывать судового механика, ответственного за исправную работу палубных механизмов.

Для смазки редуктора (коробки передач) могут применяться масла АКП-10 (автол-10) ГОСТ 1862-60, цилиндровое-11 (цилиндровое-2) ГОСТ 1841—51, авиационное МС-20 ГОСТ 1013-49. При низких температурах применяется масло АКП-6 (автол-6) ГОСТ 1862—60.

Для заполнения тавотниц применяется солидол УС-3 ГОСТ 1033—51. При низких температурах применяется смазка (1—13) ГОСТ 1631—52.

На зимний период и на период длительной стоянки судна в ремонте лебедки должны быть законсервированы. Для этого необходимо промыть все детали и насухо протереть; все обработанные поверхности разобранных деталей покрыть ровным слоем технического вазелина или авиационного тавота.

При расконсервации необходимо все законсервированные детали очистить от смазки, промыть поверхности керосином и насухо протереть; на сухие поверхности нанести тонкий слой смазки, применяемой для смазки лебедок во время их эксплуатации.

Профилактический ремонт, уход за электрооборудованием, гидравлическими приводами, редукторами и другие регламентные работы осуществляются силами электромеханической службы судна.

4.6. Размещение океанографического оборудования на судне

Палубные батометрические стойки располагаются в непосредственной близости от лебедок или в гидрологических лабораториях.

На экспедиционных судах, где позволяют размеры палубы, возле лебедки и стоек устанавливают закрытый столик для записи наблюдений. Устройство столика видно на рис. 4.7. Столик прикрепляют к палубе. В нем устанавливают лампочку для освещения столика в темное время суток. Столик имеет выдвижной ящик для хранения карандашей и необходимых материалов.

При работах в условиях низких температур необходимо предусмотреть возможность подачи к месту расположения лебедок перегретого пара для отогрева лебедок, счетчиков и кран-балок при их обмерзании и застывании смазки. При низких температурах воздуха батометрические стойки и стойки для вертушек должны находиться в обогреваемом помещении, недалеко от лебедки. Здесь же хранятся все отсчетные приспособления, записи и пробы воды, а также производится набор проб из батометров.

Приемные устройства электромагнитного измерителя течений ГМ-15, радиоволнографа ГМ-32, радиоизмерителя течений ГМ-33, судовых волнографов ГМ-62 и ГМ-16 устанавливаются стационарно в одном из отапливаемых помещений корабельной надстройки. В этом помещении обязательно должен быть телефон для

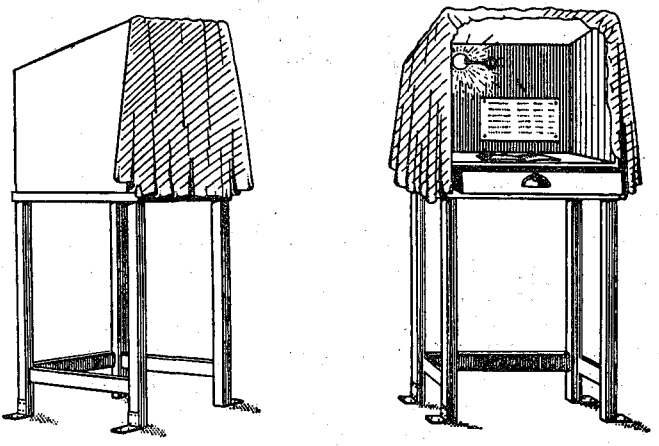


Рис. 4.7. Столик для записи наблюдений.

связи со штурманской рубкой и желательно репитеры гирокомпаса и лага.

Для выпуска, подъема и хранения кабельного шлейфа ЭМИТа используется лебедка, установленная на корме судна.

Опускать и поднимать приемник и поплавок волнографа ГМ-16 необходимо через канифас-блок, укрепленный на кран-балке лебедки. Спуск и выборка поплавка с приемником производится при помощи кабельной турачки к лебедкам «Океан» и ЛЭРОК.

Датчики судового волнографа ГМ-62 подвешиваются на кран-балке впереди форштевня на расстоянии 3—7 м от него. (Волны, находящие на движущееся против волны судно ходом 1—2 уз, не деформируются корпусом).

Лебедка с кабелями размещается на носовой части верхней палубы с таким расчетом, чтобы кабель проходил на ролик подъемного устройства, не задевая надстройки и снастей судна.

Расстояние от лебедки до подъемного устройства датчиков должно быть не менее полудлины рабочей части проволочного датчика.

Лебедка должна быть защищена от прямых ударов волн при переходе судна в штормовую погоду. Для этой цели предусмотрена установка ее на специальной раме, которая изготовляется при заводском ремонте судна (рис. 4.8).

Подъемное устройство волнографа ГМ-62 устанавливается на кран-балке или кронштейне. Кронштейн и кран-балка должны позволять устанавливать подъемное устройство на высоте не менее 2 м от фальшборта носовой части судна.

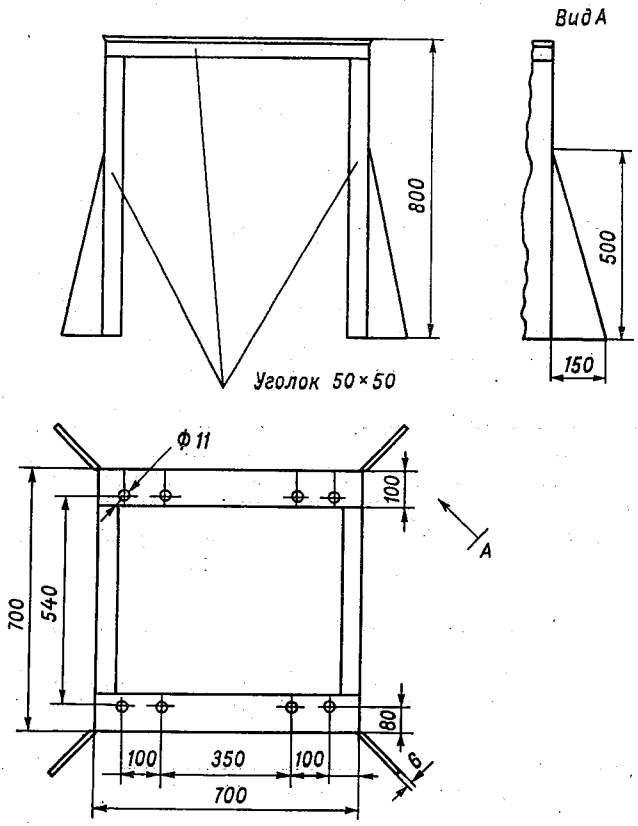


Рис. 4.8. Рама под лебедку волнографа ГМ-62.

Прибором ГМ-62 можно производить записи волн не только с судна, находящегося на якоре или на малом ходу носом на волну, но и лежащего в дрейфе во время работ на океанографических и буйковых станциях, одновременно с выполнением других забортных работ, так как установлено, что волны практически не искажаются корпусом судна, лежащего в дрейфе. Это позволяет применить кормовой вариант размещения лебедки с кабелями и датчиками, что намного упрощает уход и увеличивает долговечность устройства.

Место установки приемных антенн радиоволнографа и радиоизмерителя течений должно быть свободно от посторонних предметов, препятствующих ее вращению. Мачту, к которой крепится кронштейн поворотного устройства, располагают вне сектора обзора. Поблизости от антенны в направлении приема не должно быть массивных предметов, поглощающих энергию радиопередатчика и искажающих диаграмму направленности приемной антенны. Таким условиям полностью удовлетворяет установка антенны с поворотным устройством на топе грот-мачты или фок-мачты.

Радиобуи при длительных перерывах в работе, как правило, хранятся на судне в виде отдельных, частично собранных и прочно закрепленных на палубе узлов. Радиобуй монтируется перед началом работ на палубе судна. В тихую погоду установка мачты передатчика и контейнера может производиться и непосредственно на спущенном в воду буе.

Лебедка при работе с зонд-батометром (см. гл. 22) должна быть расположена возможно ближе к гидрологической лаборатории, чтобы обеспечить необходимое удобство в эксплуатации и обслуживании аппаратуры. Должно быть предусмотрено поворотное устройство для вывода опускного устройства за борт.

Лебедка, предназначенная для опускания зонд-батометра, должна:

а) позволять иметь на борту 3—5 км кабеля КОБД-4, КОБД-6, с тросоукладчиком, рассчитанным на этот кабель;

б) иметь токосъемник не менее чем на два контакта;

в) иметь несколько скоростей работы, в том числе основной режим — 1 м/с, аварийный — до 5 м/с, кратковременный — 0,2 м/с;

г) иметь достаточную грузоподъемность.

4.7. Устройства для вывода троса за борт

Для измерения длины вытравленного троса применяется блок-счетчик, через который пропускается трос с подвешенными к нему приборами.

При опускании приборов блок-счетчик подвешивается к судовой шлюпбалке, кран-балке или выстрелу, которые служат для вывода троса за борт.

Шлюпбалка. Шлюпбалка представляет собой кованый или трубчатый стальной брус, изогнутый в верхней части. Для подвешивания блок-счетчика к шлюпбалке на конец ее укрепляют хомутик с достаточно массивным ушком, чтобы с многократным запасом выдержать вес счетчика и поднимаемой из воды серии приборов. Кроме того, на шлюпбалку надевают еще один хомутик с ушками, направленными в сторону носа и кормы судна. К этим ушкам крепят оттяжки, которыми регулируется направление шлюпбалки, а вместе с ней и блок-счетчика относительно лебедки. Когда пользование имеющимися судовыми шлюпбалками представляется неудобным, применяют специальные кран-балки.

Кран-балка. В заводском изготовлении кран-балки придаются к лебедке ЛГ-1200. Кран-балка состоит из изогнутой трубы и подставки, которая прикрепляется нижним фланцем болтами к палубе судна. Кран-балку устанавливают во втулке подставки. На кран-балке и на подставке укреплены фланцы с отверстиями. Кран-балку можно закреплять в горизонтальном направлении под любым углом к борту при помощи штыря, который вставляют в отверстия подвижного и неподвижного фланцев. К концу кран-балки подвешивают блок-счетчик.

Перед началом работ проверяют, поворачивается ли кран-балка без значительных усилий. Если поворот кран-балки связан с затра-

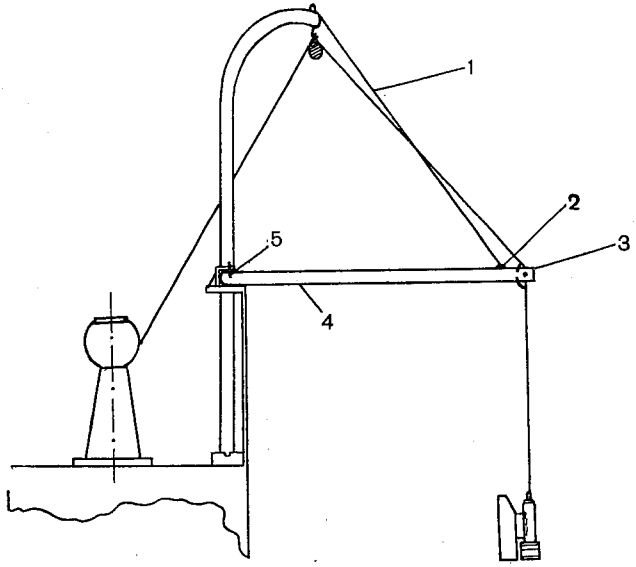


Рис. 4.9. Выстрел.

1 — оттяжки, *2* — скобы, *3* — блок, *4* — труба, *5* — болт.

той значительных усилий, то следует смазать ее трущиеся части жидким маслом (автолом) и расходить ее.

Применяются также кран-балки с червячной передачей. Повороты этих кран-балок осуществляют с помощью бесконечного винта. Шестерню и винт следует смазывать густым маслом (тавотом, солидолом).

Кран-балку можно сделать собственными средствами из железной трубы необходимой длины и диаметра, изогнутой подобно шлюпбалке, или собрать ее из отрезков трубы, скрепленных стандартными фабричными угольниками, придав ей Г-образную форму. Чтобы укрепить выносную часть, можно поставить раскосину. Кран-балку пропускают сквозь отверстие в планшире фальшборта или крепят к нему планкой, а нижний конец упирают в гнездо толстой деревянной подушки.

Конец (нок) кран-балки расклепывают и просверливают в нем отверстие, в котором закрепляют скобу для блок-счетчика. Скоба должна быть достаточно массивной, чтобы она могла выдержать с многократным запасом вес счетчика и поднимаемых из воды приборов. Кран-балку в верхней части укрепляют двумя оттяжками, прикрепленными к поручням, которыми регулируют направление кран-балки. Чтобы узел не соскальзывал вниз, кран-балку в этом месте просверливают и в отверстие вставляют болт.

Выстрел. При необходимости вывести приборы на далекое расстояние от борта судна можно применить выстрел, предложенный А. Н. Цицаревым и Г. А. Чечеткиным [188]. Выстрел этот легко изготовить на месте.

Общий вид выстрела показан на рис. 4.9. Он состоит из стальной трубы *4* длиной 3 м и диаметром 40 мм, один конец которой крепится при помощи массивного болта *5* к планширу борта судна. Выстрел может быть повернут вокруг оси болта под любым углом к борту судна. На другом конце выстрела вмонтирован блок *3*, через который проходит трос. К концу выстрела приварены три скобы *2*, к ним прикреплены оттяжки. Две оттяжки расположены в горизонтальной плоскости, концы их крепятся к планширу. Третья оттяжка *1* расположена в вертикальной плоскости, конец ее крепится к кран-балке. Оттяжка *1* служит для удержания выстрела в горизонтальной плоскости.

Выстрел в нерабочем положении располагается на планшире фальшборта и не мешает швартовке судна. В рабочем положении выстрел надежно крепится горизонтальными оттяжками в любом нужном направлении. Выстрел при помощи горизонтальных оттяжек можно подвести к борту для подвески или снятия приборов.

Глава 5. ТРОСЫ

5.1. Металлические тросы

Характеристики металлических тросов. Металлические тросы, применяемые при океанографических работах, изготовляются в основном из оцинкованной проволоки из углеродистой стали, содержащей до 0,9% углерода, получаемой холодной протяжкой. Кроме стальных тросов иногда применяются тросы из фосфористой и алюминиевой бронзы.

В СССР для изготовления тросов применяются проволоки трех марок: В — для тросов, работающих в условиях частых переменных изгибов и высоких переменных скоростей; I — для тросов, не испытывающих резких динамических напряжений; II — для тросов, работающих на неответственных участках.

Степень покрытия проволок цинком зависит от условий работ, для которых предназначен трос. Оцинкованные тросы изготовляются для условий работы: легких — ЛС, средних — СС и жестких — ЖС.

Тросы изготовляются из отдельных проволок, сплетенных в пряди, которые в свою очередь свиваются друг с другом вокруг пенькового или хлопчатобумажного сердечника, сообщающего тросу эластичность и упругость. Имеются также тросы с металлическим сердечником. В некоторых случаях сердечники имеются и в прядях.

Проволоки каждой пряди свиваются по винтовой линии, образуя один или несколько концентрических слоев. Пряди в тросе обычно свиваются в противоположном направлении нежели проволоки в пряди. Такой трос называется тросом крестовой свивки. В зависимости от направления свивки прядей в тросе различают тросы правой и левой свивки. Применяются также тросы односторонней свивки, когда проволоки и пряди свиты в одном направлении. Тросы односторонней свивки прочнее тросов крестовой свивки, однако они легко раскручиваются, что ограничивает их применение в океанографической практике.

Кроме указанных выше тросов (канатов двойной свивки), применяют также спиральные канаты (тросы), в которых проволоки не разделяются на пряди. Спиральные канаты свиваются непосредственно из проволок в один или несколько концентрических слоев. Спиральные канаты более гибки и менее раскручиваются, чем тросы крестовой или односторонней свивки. При одинаковом диаметре площадь металла в сечении у них больше, чем у описанных выше тросов, однако они требуют более бережного и умелого обращения.

Изготовляются также канаты, свитые не из прядей, а из тросов двойной свивки. Такие канаты называются кабелями (канатами тройной свивки). Тросы двойной свивки, использованные в кабелях, называются стренгами.

По характеру взаимного касания проволок в пряди различают тросы с точечным касанием ТК с различным в разных слоях пряди шагом свивки и тросы с линейным касанием ЛК с одинаковым во всех слоях шагом свивки. Изготавливаются также тросы с точечным и линейным касанием проволок в пряди ТЛК.

Тросы с линейным касанием проволок ЛК подразделяются на тросы с проволоками одинакового диаметра в отдельных слоях пряди — ЛКО; тросы с проволоками двух диаметров в отдельных слоях пряди — ЛКР; тросы с проволоками разного и одинакового диаметров по отдельным слоям пряди — ЛКРО; тросы, в которых между двумя слоями проволоки размещаются заполняющие проволоки меньшего диаметра — ЛКЗ.

Тросы с линейным касанием проволок более гибки и прочны, чем тросы с точечным касанием. Это обусловлено тем, что при линейном касании проволок устраняется вредное их пересечение в смежных слоях, в результате чего значительно уменьшается внутреннее трение. Однако эти тросы сложнее в изготовлении.

По роду свивки изготовляются обыкновенные (раскручивающиеся) тросы, пряди и проволоки в них не сохраняют своего положения после снятия перевязок; нераскручивающиеся, которые

после снятия перевязок не раскручиваются на отдельные пряди, а пряди на проволоки. Изготавливаются также многопрядные некрутящиеся тросы с противоположным направлением свивки по слоям.

По форме сечения проволоки различают тросы, изготовленные из круглой и из фасонной проволоки (частично). Тросы с внешним слоем (иногда с двумя и более слоями) проволок фасонного сечения (они называются закрытыми) имеют гладкую цилиндрическую поверхность, что увеличивает их стойкость к истиранию. При океанографических работах применяются только тросы из круглой проволоки.

Обычно принято обозначать конструкцию тросов выражением $a \times b + c$, где a — число прядей в тросе; b — число проволок в пряди; c — число сердечников. Например, $6 \times 7 + 1$ означает, что трос состоит из шести прядей по семи проволок в пряди и содержит один сердечник.

При большем числе проволок в пряди, когда она состоит из нескольких рядов, приводят и конструкцию пряди; ее обозначают суммой цифр, каждая из которых указывает на число проволок в ряду. Например, в тросе $6 \times 37 + 1$ каждая прядь, свитая из 37 проволок, имеет конструкцию $1+6+12+18$; это означает, что вокруг центрального сердечника концентрическими рядами положены в первом ряду 6, во втором 12 и в третьем 18 проволок.

Расчет прочности тросов. Расчет прочности троса производится по формуле

$$A \geqslant kP, \tag{5.1}$$

где A — разрывное усилие троса, кг; P — суммарная рабочая нагрузка на трос, кг; k — коэффициент запаса прочности.

В океанографической практике коэффициент запаса прочности принимается обычно равным 2—5, так как при работе приходится считаться с возможностью неожиданных перегрузок троса на качке, при задевании тросом грунта и т. п. Запас прочности обеспечивает долговечность троса, допуская некоторый износ его.

Разрывное усилие троса приводится в табл. 5.1—5.4 ГОСТа на тросы. Зная вес единицы длины троса и его разрывное усилие, можно рассчитать предельную длину троса, при которой он еще не разрывается под действием собственной тяжести (разрывающую длину троса). При расчете разрывающей длины троса следует иметь в виду, что вес троса, приведенный в таблицах ГОСТа, дается для воздуха; поэтому необходимо учесть потерю его веса в воде по закону Архимеда и уменьшить вес троса по сравнению со значениями, приводимыми в таблицах, на 12,8%.

По разрывающей длине троса легко рассчитать предельный вес того груза, который можно опустить на тросе на заданную глубину (концевую нагрузку). Концевая нагрузка выражается весом отрезка троса, равного разности между его разрывающей длиной и заданной глубиной погружения груза.

Таблица 5.1

Разрывные усилия каната (троса) двойной свивки ЛК-0 конструкции 6×7(1+6)+1×7(1+6) (ГОСТ 3066—66)

Диаметр, мм			Расчетная площадь сечения всех проволок, мм²	Расчетный вес 1000 м смазанного каната, кг	Маркировочная группа по временному сопротивлению разрыву, кгс/мм²											
	проволоки				140		160		170		180		200		220	
	центральной	в слоях			Расчетное разрывное усилие, кгс (не менее)											
каната (троса)	7 проволок	42 проволоки			суммарное всех проволок в канате	каната в целом	суммарное всех проволок в канате	каната в целом	суммарное всех проволок в канате	каната в целом	суммарное всех проволок в канате	каната в целом	суммарное всех проволок в канате	каната в целом	суммарное всех проволок в канате	каната в целом
3,1	0,36	0,34	4,53	41,1	—	—	724	615	770	654	815	692	906	749	996	809
3,5	0,40	0,38	5,64	51,2	—		902	766	959	815	1 015	862	1 125	930	1240	1005
3,8	0,45	0,40	6,39	58,0	—	—	1020	867	1085	922	1 150	977	1 275	1055	1405	1140
4,6	0,55	0,50	9,91	90,0	—	—	1585	1345	1685	1430	1 780	1470	1 980	1605	—	—
5,6	0,65	0,60	14,20	129,0	—	—	2270	1925	2410	2045	2 555	2110	2 840	2305	—	—
6,4	0,75	0,70	19,25	175,0	2695	2290	3080	2615	3270	2775	3 465	2865	3 850	3125	—	—
7,4	0,85	0,80	25,08	228,0	3510	2980	4010	3405	4260	3620	4 510	3730	5 015	4070	—	—
8,2	0,95	0,90	31,68	288,0	4435	3765	5065	4305	5385	4575	5 700	4715	6 335	5145	—	—
9,2	1,05	1,00	39,05	355,0	5465	4645	6245	5305	6635	5635	7 025	5810	7 810	6345	—	—
10,0	1,15	1,10	47,18	428,5	6605	5610	7545	6415	8020	6815	8 490	7025	9 435	7665	—	—
11,0	1,30	1,20	56,79	516,0	7950	6755	9085	7720	9650	8200	10 200	8440	11 350	9220	—	—

Таблица 5.2

Разрывные усилия каната (троса) двойной свивки ТК конструкции 6×19(1+6+12)+1×19(++6+12) (ГОСТ 3067—66)

Диаметр, мм			Расчетная площадь сечения всех проволок, мм²	Расчетный вес 1000 м связанного каната, кг	Маркировочная группа по временному сопротивлению разрыву, кгс/мм²													
	проволоки				160		170		180		200		220		240		260	
	центральной	в слоях			Расчетное разрывное усилие, кгс (не менее)													
каната (троса)	7 проволок	126 проволок			суммарное всех проволок	каната в целом	суммарное всех проволок	каната в целом	суммарное всех проволок	каната в целом	суммарное всех проволок	каната в целом	суммарное всех проволок	каната в целом	суммарное всех проволок	каната в целом	суммарное всех проволок	каната в целом
3,1	0,22	0,20	4,22	37,8	—	—	—	—	759	607	844	675	928	742	1010	777	1095	821
3,4	0,24	0,22	5,10	45,7	—	—	—	—	918	734	1020	816	1120	896	1220	939	1325	993
3,7	0,26	0,24	6,07	54,4	—	—	—	—	1090	782	1210	968	1335	1065	1455	1120	1575	1180
4,0	0,28	0,26	7,12	63,9	—	—	—	—	1090	872	1210	968	1335	1065	1455	1120	1575	1180
4,3	0,30	0,28	8,26	74,1	—	—	—	—	1280	1020	1420	1135	1565	1250	1705	1310	1850	1385
4,6	0,32	0,30	9,47	85,0	—	—	—	—	1485	1185	1650	1320	1815	1395	1980	1485	—	—
5,2	0,36	0,34	12,15	109,0	1940	1550	2065	1650	1705	1360	1895	1515	2085	1605	2270	1700	—	—
5,8	0,40	0,38	15,17	136,5	2425	1940	2575	2060	2185	1745	2430	1870	2670	2090	—	—	—	—
6,2	0,45	0,40	16,95	152,0	2710	2165	2880	2300	2730	2180	3030	2330	3335	2500	—	—	—	—
7,6	0,55	0,50	26,41	237,0	4225	3380	4490	3590	3050	2440	3390	2610	3725	2790	—	—	—	—
8,4	0,60	0,55	31,92	286,5	5105	4080	5425	4340	4750	3655	5280	3960	—	—	—	—	—	—
9,3	0,65	0,60	37,94	340,5	6070	4855	6450	5160	5745	4420	6380	4785	—	—	—	—	—	—
9,9	0,70	0,65	44,50	399,5	7120	5695	7565	6050	6825	5255	7585	5685	—	—	—	—	—	—
10,5	0,75	0,70	51,80	465,0	8285	6625	8805	7040	8010	6165	8900	6675	—	—	—	—	—	—

Таблица 5.3

Разрывные усилия каната (троса) двойной свивки ЛК-0 конструкции 6×7(1+6)+1 о. с. (ГОСТ 3069—66)

Диаметр, мм			Расчетная площадь сечения всех проволок, мм²	Расчетный вес 1000 м смазанного каната, кг	Маркировочная группа по временному сопротивлению разрыву, кгс/мм²											
	проволоки				140		160		170		180		200		220	
					Расчетное разрывное усилие, кгс (не менее)											
каната (троса)	центральной 6 проволок	в слоях 36 проволок			суммарное всех проволок в канате	каната в целом	суммарное всех проволок в канате	каната в целом	суммарное всех проволок в канате	каната в целом	суммарное всех проволок в канате	каната в целом	суммарное всех проволок в канате	каната в целом	суммарное всех проволок в канате	каната в целом
3,3	0,36	0,34	3,88	38,2	—	—	620	552	660	587	698	621	776	678	853	735
3,7	0,40	0,38	4,84	46,7	—	—	774	688	823	732	781	775	968	846	1060	913
4,0	0,45	0,40	5,48	54,0	—	—	876	780	932	829	986	877	1095	957	1205	1035
4,9	0,55	0,50	8,50	83,7	—	—	1360	1210	1445	1285	1530	1335	1700	1465	—	—
5,9	0,65	0,60	12,17	120,0	—	—	1945	1730	2065	1835	2190	1910	2430	2090	—	—
6,8	0,75	0,70	16,50	162,5	2310	2055	2640	2345	2805	2495	2970	2595	3300	2840	—	—
7,8	0,85	0,80	21,50	212,0	3010	2675	3440	3060	3655	3250	3870	3380	4300	3705	—	—
8,7	0,95	0,90	27,16	267,5	3800	3380	4345	3865	4615	4105	4885	4265	5430	4680	—	—
9,7	1,05	1,00	33,47	330,0	4685	4165	5355	4765	5690	5060	6020	5260	6690	5765	—	—
10,5	1,15	1,10	40,44	398,5	5660	5035	6470	5755	6875	6115	7275	6355	8085	6965	—	—
11,5	1,30	1,20	48,68	479,5	6815	6065	7785	6925	8275	7360	8760	7655	9735	8390	—	—

Таблица 5.4

Разрывные усилия каната (троса) двойной свивки ТК конструкции 6×19(1+6+ 12)+1 о. с. (ГОСТ 3070—66)

Диаметр, мм			Расчетная площадь сечения всех проволок, мм²	Расчетный вес 1000 м смазанного каната, кг	Маркировочная группа по временному сопротивлению разрыву, кгс/мм²													
	проволоки				160		170		180		200		220		240		260	
	центральной	в слоях			Расчетное разрывное усилие, кгс (не менее)													
каната (троса)	6 проволок	108 проволок			суммарное всех проволок в канате	каната в целом	суммарное всех проволок в канате	каната в целом	суммарное всех проволок в канате	каната в целом	суммарное всех проволок в канате	каната в целом	суммарное всех проволок в канате	каната в целом	суммарное всех проволок в канате	каната в целом	суммарное всех проволок в канате	каната в целом
3,3	0,22	0,20	3,62	35,5	—	—	—	—	651	553	724	615	796	676	868	718	941	764
3,6	0,24	0,22	4,38	42,9	—	—	—	—	788	669	876	744	963	818	1050	868	1135	922
3,9	0,26	0,24	5,20	51,0	—	—	—	—	936	795	1040	884	1140	969	1245	1030	1350	1095
4,2	0,28	0,26	6,10	59,8	—	—	—	—	1095	930	1220	1035	1340	1135	1460	1205	1585	1285
4,5	0,30	0,28	7,07	69,3	—	—	—	—	1270	1075	1410	1195	1550	1285	1695	1375	—	—
4,8	0,32	0,30	8,12	79,6	—	—	—	—	1460	1240	1620	1375	1785	1475	1945	1580	—	—
5,5	0,36	0,34	10,42	102,5	1665	1415	1770	1500	1875	1590	2080	1720	2290	1860	—	—	—	—
5,8	0,38	0,36	11,67	114,5	1865	1585	1980	1680	2100	1785	2330	1925	2565	2080	—	—	—	—
6,5	0,45	0,40	14,53	142,5	2320	1970	2470	2095	2615	2220	2905	2400	3195	2595	—	—	—	—
8,1	0,55	0,50	22,64	222,0	3620	3075	3845	3265	4075	3370	4525	3675	—	—	—	—	—	—
9,7	0,65	0,60	32,52	319,0	5200	4420	5525	4696	5850	4840	6500	5280	—	—	—	—	—	—
11,0	0,75	0,70	44,21	433,5	7070	6005	5515	6385	7955	6580	8840	7180	—	—	—	—	—	—

Рабочую нагрузку P можно принять равной

$$P=P_1+P_2+P_3+P_4+P_5+\ldots, \tag{5.2}$$

где P_1 — вес поднимаемого тросом груза (в воде); P_2 — собственный вес вытравленной части троса в воде, кг; P_3 — трение троса и подвешенных к нему приборов и концевого груза о воду при наибольшей допустимой скорости подъема, кг; P_4 — увеличение нагрузки при качке; P_5 — натяжение троса, создающееся при дрейфе судна (или при течении) при наибольшем допустимом угле наклона троса, кг.

На э/с «Витязь» для тросов диаметром 3—6 мм была найдена экспериментальная формула [171]:

$$P_3=0{,}00018lv^2, \tag{5.3}$$

где l — длина вытравленной части троса, м; v — скорость выбирания троса, м/с.

Сопротивление батометров и груза принято считать равным 30 кг.

На «Метеоре» для P_3 опытным путем была найдена формула

$$P_3=\frac{0{,}35l+x}{y}, \tag{5.4}$$

где y — продолжительность выбирания 100 м троса, с; x — лобовое сопротивление приборов, кг.

Как показали работы на «Витязе», при бортовой качке в зависимости от длины троса, числа подвешенных к нему приборов и силы волнения увеличение нагрузки при качке P_4 колеблется в пределах от 0 до 125 кг.

Влияние течения или дрейфа на натяжение троса P_5 характеризуется гидродинамическим (лобовым) сопротивлением троса. Гидродинамическое сопротивление троса определяется формулой из [165]:

$$R=N_xV^2d\sin^2\alpha, \tag{5.5}$$

где R — гидродинамическое сопротивление погонного метра троса; N_x — коэффициент лобового сопротивления погонного метра троса, зависящий от размеров троса, его конструкции и состояния поверхности; V — скорость потока, м/с; d — диаметр троса, м; α — угол встречи троса с потоком, т. е. дополнение угла отклонения троса от вертикали до 90°.

Величина N_x изменяется в пределах от 55 до 80, для тонких гидрологических тросов N_x принимают равным 60%.

Формула (5.5) верна лишь для горизонтальной компоненты сопротивления. При подъеме же приборов нужно рассчитывать и вертикальную компоненту сопротивления, и тогда следует употреблять формулу, рекомендуемую Н. Ф. Кудрявцевым:

$$P_5=[(N_xV^2d\sin^2\alpha\cos\alpha)^2+(N_xV^2d\sin^3\alpha)^2]^{1/2}. \tag{5.6}$$

При расчете троса необходимо учитывать ослабление троса при проводке его через блоки и при намотке на барабаны. Ослабление троса объясняется тем, что пропущенные через блоки тросы изгибаются, в результате чего проволоки на наружной стороне троса работают с излишним растяжением, а прижатые к блоку проволоки сжаты и деформированы.

Для ограничения потерь прочности за счет изгибов установлено следующее соотношение между диаметром блоков и барабанов и диаметром троса:

$$D \geqslant (18 \div 30)\, d, \tag{5.7}$$

где D — диаметр блоков, d — диаметр троса.

Коэффициент 18 может быть принят при работе с помощью ручных гидрологических лебедок. При работе с помощью электрифицированных лебедок этот коэффициент следует брать от 20 до 30 в зависимости от характера и режима работы троса. При больших скоростях подъема троса (до 4 м/с) и при коэффициенте запаса прочности троса, меньшем 2, коэффициент при d следует принять равным 30.

Если трос при работе проходит не через один, а через несколько блоков или барабанов, общее натяжение троса следует соответствующим образом увеличить, так как из-за трения в подшипниках блоков и изгибания троса некоторая часть усилия, прилагаемого к тросу для преодоления его натяжения, теряется. Трос благодаря этому напрягается сильнее. Увеличение нагрузки принимается обратно пропорциональным коэффициенту полезного действия блочных передач: для двухблочной системы этот коэффициент принимается равным 0,96; для трехблочной — 0,92; для четырехблочной — 0,89.

Ступенчатые тросы. Нагрузка всякого троса возрастает по мере увеличения длины вытравленной его части. Поэтому в длинных тросах вес сильно возрастает и становится равным или превосходит полезную нагрузку. Возникает необходимость увеличивать сечение троса, отчего он становится тяжелым. Поэтому выгоднее применять тросы переменного сечения, уменьшающиеся от верхнего конца к нижнему таким образом, чтобы при вертикальном положении троса напряжение во всех сечениях его было постоянно. Чтобы трос удовлетворял этому условию, сечение его должно меняться по логарифмическому закону, требующему постепенного изменения сечения проволок в тросе. Но в настоящее время такие тросы не изготовляются, поэтому вместо конических тросов применяются ступенчатые, т. е. тросы, состоящие из нескольких кусков различного диаметра.

Длина отдельных ступеней этого троса вычисляется следующим образом [171]. Расчет начинают с нижней ступени. Длину ее вычисляют по формуле

$$l_1 = \frac{A_1 - kP}{k\alpha_1}, \tag{5.8}$$

где l_1 — длина нижней (первой) ступени, м; A_1 — разрывная крепость этой части троса, кг; P — суммарная нагрузка на конце троса (вес цепи, вертлюга, якоря и т. п.), кг; k — коэффициент запаса прочности троса; α_1 — вес одного погонного метра троса, кг.

Длина l_2 следующей (второй) ступени вычисляется по формуле

$$l_2 = \frac{A_2 - k(P + \alpha_1 l_1)}{k\alpha_2}. \qquad (5.9)$$

Пример. Требуется рассчитать трос типа ЛК-0 ГОСТ 3069—66 длиной 6700 м, свитый из проволок с расчетным пределом прочности при растяжении 180 кгс/мм². Максимальная нагрузка P на конец его равна 500 кг. Коэффициент запаса прочности k принимается равным двум. Для расчета пользуются ГОСТ 3069—66, выписка из которого приведена в табл. 5.3.

Расчет начинают с нижней ступени. Из табл. 5.3 видно, что при нагрузке P равной 500 кг наименьший диаметр троса должен быть не менее 4,9 мм (при диаметре троса 4,0 мм разрывное усилие равно 877 кг, что меньше $2P$ равного 1000 кг), поэтому для расчета можно взять трос диаметром 4,9 мм. Разрывное усилие для этого троса равно 1335 кг. Длина первой (нижней) ступени[1] в метрах

$$l_1 = \frac{A_1 - kP}{k\alpha_1} = \frac{1335 - 2 \cdot 500}{2 \cdot 0{,}0837} = \frac{335}{0{,}1673} = 2000.$$

Длину второй ступени для троса следующего диаметра (5,9 мм) рассчитывают по формуле

$$l_2 = \frac{A_2 - k(P + \alpha_1 l_1)}{k\alpha_2} = \frac{1910 - 2(500 + 0{,}0837 \cdot 2000)}{2 \cdot 0{,}120} = \frac{525}{0{,}24} = 2400.$$

Так как длина обоих отрезков троса равна 4400 м, то для получения троса длиной 6700 м необходимо взять третью ступень.

Длина третьей ступени для троса следующего диаметра (6,8 мм)

$$l_3 = \frac{A_3 - k(P + \alpha_1 l_1 + \alpha_2 l_2)}{k\alpha_3} =$$

$$= \frac{2595 - 2(500 + 0{,}0837 \cdot 2000 + 0{,}12 \cdot 2400)}{2 \cdot 0{,}1625} \approx 2100 \text{ м}.$$

Таким образом, для заданных условий необходим трос, срощенный из четырех ступеней: первая ступень 2000 м диаметром 4,9 мм; вторая ступень 2400 м диаметром 5,9 мм; третья ступень 2100 м диаметром 6,8 мм; четвертая 200 м диаметром 7,8 мм.

При наличии тросов других диаметров можно составить трос этой же длины, состоящий из двух ступеней, например, при наличии тросов диаметром 6,8 и 7,8 мм ступенчатый трос будет состоять из двух ступеней: $l_1 = 4900$ м и $l_2 = 1800$ м.

Сращивание металлических тросов. Отдельные концы (куски, отрезки) тросов соединяют между собой сплеснями. Длина сплесня должна быть не менее стократного диаметра сращиваемого троса. Сплесень не должен мешать прохождению троса через блок и свободному падению посыльного груза.

Для большей прочности и защиты от выступающих концов проволок на концы сплесней накладывают марки из провощенной

[1] При расчете не учтена потеря веса в воде.

парусной нитки. При длинном сплесне марки накладывают в нескольких местах.

Выбор троса. Для океанографических работ наиболее часто употребляются тросы правой крестовой свивки, всегда сделанные из оцинкованной проволоки высшей марки для жестких условий работы. При выборе металлического троса нельзя придерживаться какого-либо одного стандарта, приходится учитывать нагрузку на трос, глубину станций, условия, при которых протекает работа (волнение облегчает образование калышек и увеличивает нагрузку вследствие вызываемых им рывков; работа во льдах требует более толстых тросов, ввиду возможности их механического повреждения), конструкцию барабана лебедки, систему замка и зажима у прибора.

Для опускания серий батометров на большие глубины и батитермографа (на ходу) применяют трос диаметром от 3,4 до 4,5 мм. Для опускания буквопечатающей вертушки БПВ применяют трос диаметром 2,5—5,0 мм. Для опускания серии вертушек БПВ применяют трос диаметром 6—9 мм.

Для опускания рам опрокидывающихся термометров и морской вертушки пользуются тросом диаметром 2,5—3,0 мм.

Малые трубки для взятия проб грунта и дночерпатели при глубинах до 3 км можно опускать, пользуясь тросом диаметром 3—4 мм, при глубинах более 3 км диаметр троса должен быть 5 мм и более.

Большие грунтовые трубки, драги и большие дночерпатели опускают на тросе диаметром 6—8 мм.

Судовые драги и тралы опускают на стальном мягком тросе диаметром 8—13 мм.

При постановках буйковых станций пользуются тросами диаметром 4,8—10 мм.

При заказе троса необходимо руководствоваться номенклатурой, приведенной в Государственных стандартах на стальные канаты (тросы). При заказе условными обозначениями указываются тип троса, диаметр, назначение троса, марка проволоки, характер цинкового покрытия, направление свивки, способ свивки, расчетный предел прочности, номер ГОСТа. Например, заказ на трос двойной свивки с линейным касанием проволок в прядях типа ЛК-0 с металлическим сердечником МС диаметром 3,8 мм, грузового назначения, из проволоки марки В, оцинкованной по группе ЖС, правой крестовой свивки, нераскручивающейся, с маркировочной группой по временному сопротивлению разрыву 180 кгс/мм^2 ГОСТа 3066—66: трос 3,8—Г—В—ЖС—Н—180 ГОСТ 3066—66.

Намотка троса на барабан лебедки. Намотку троса на барабан лебедки, если трос хранится намотанным на катушку, производят с натяжением при одновременном вращении катушки вокруг своей оси; катушку тормозят, чтобы сматывание троса не опережало его намотку, в противном случае трос может запутаться и образовать при опускании приборов на глубину петли и калышки. Если трос хранится свернутым в бухту, то при перемотке на барабан ле-

бедки, бухту надевают на деревянный конус или крестовину со штырями, вращающиеся вокруг вертикальной оси; при этом сматываемый конец должен находиться внизу бухты. Трос наматывают на барабан лебедки плавными и ровными рядами. При многослойной намотке трос укладывают плотно, чтобы последующие ряды его не проваливались в промежутки предыдущих.

Трос наматывают на барабан таким образом, чтобы ходовой конец его выходил к блок-счетчику из-под барабана, и при подъеме приборов из воды при помощи ручных лебедок рукоятку вращают по часовой стрелке (от себя). При неправильной намотке троса ручку приходится вращать на себя, что очень утяжеляет работу и связано с постоянными ошибками при торможении — ручку начинают нажимать не в ту сторону.

Наибольшую опасность представляет соскакивание троса с барабана, так как при этом он легко может попасть в зубья шестерни лебедки, или быть зажатым в пазы между валом барабана и дисками. При этом трос мнется, сплющивается, на нем образуются углы и калышки, что делает весь трос негодным к употреблению или требует удаления поврежденной части.

Чтобы избежать соскакивания троса, надо наматывать на барабан такое его количество, которое оставляло бы от края щек запас не меньше 3 см.

При работе с лебедкой основное внимание должно быть обращено на равномерность сбегания троса с барабана. Неравномерность сбегания троса вызывается главным образом недостаточной отрегулированностью тормозного устройства и неравномерной укладкой троса на барабане.

При неправильно установленной лебедке, когда направление троса между счетчиком и лебедкой не перпендикулярно оси барабана, трос при выбирании, в особенности при отсутствии направляющего приспособления, будет прижиматься к одной из щек барабана. Когда излишек с одной стороны окажется слишком большим, отдельные витки троса будут соскакивать в противоположную сторону и, образуя слабину с изгибами и небольшими петлями, будут зажиматься тросом, выходящим из воды и натянутым весом приборов. При последующем вытравливании витки (шлаги) троса будут соскакивать все чаще, и при этом один соскочивший шлаг будет цепляться за другой и спутываться с ним, отчего неизбежно появятся калышки.

Коренной[1] конец троса должен быть намертво прикреплен к барабану, в противном случае всегда будет существовать угроза потери троса с приборами. Для этого в одной из щек барабана должны иметься специальные отверстия, через которые пропускается коренной конец и завязывается узлом с внутренней стороны. Если отверстий нет, то необходимо их сделать, но не крепить коренной конец троса, обернув его просто вокруг оси барабана и связав после этого узлом. При быстром вытравливании троса последний

[1] Конец троса, закрепленный на барабане лебедки.

легко может лопнуть в узле при резком рывке от мгновенной остановки. Разрыв этот облегчается тем, что стальной трос, как бы тщательно за ним не ухаживали, все же ржавеет; на коренном конце, который проветривается и вытирается очень редко, ржавчина разъест металл и ослабит его быстрее и сильнее, чем у ходового конца. Поэтому надо взять за правило — никогда не стравливать трос до конца, надо, чтобы на барабане обязательно оставалось не менее 8—10 шлагов.

При применении нового троса, не бывшего в употреблении, рекомендуется после наматывания на барабан лебедки произвести оттяжку троса, вытравив его на большой глубине за борт и вновь намотав, целесообразно также прогнать трос по всей его длине через счетные и направляющие блоки при нагрузке 50% и пониженной скорости, постепенно увеличивая их до нормальных пределов, что дает возможность выровнять трос и приспособить к условиям работы.

Уход за тросами и их хранение. Металлические тросы в особом уходе не нуждаются. До намотки тросы должны храниться на деревянных барабанах или металлических катушках в сухом закрытом помещении, чтобы предохранить их от преждевременного ржавления. После намотки тросов на барабаны лебедок необходимо снять консервационную смазку на всей длине троса, так как при наличии смазки на тросе посыльные грузики не проходят. При движении вниз грузик собирает смазку с троса и останавливается, не доходя до прибора.

Для снятия смазки с троса можно рекомендовать прогрев барабана с тросом перегретым паром с температурой 110—115°С. Смазка стекает с троса в поддон.

При длительных перерывах в работе, трос на барабанах лебедок смазывается жидким маслом (автол, авиамасло). Промывка тросов пресной водой не дает никакого положительного результата, так как после первого опускания троса морская вода проникает между прядями и проволоками. Из-за этого процесс ржавления троса промывкой и смазкой приостановить невозможно. При обнаружении перержавевших проволок необходимо трос (или участок троса) заменить новым, особенно на лебедках, предназначенных для работы глубоководными сериями. Своевременная замена ржавого и изношенного троса на новый является гарантией сохранности дорогостоящих приборов.

Трос, предназначенный для постановки буйковых станций, снятия консервационной смазки не требует. Основными мерами ухода за ним является сохранение обильной смазки по всей длине троса, своевременное обнаружение калышек и порванных прядей. Участки троса с калышками и перетертыми или порванными прядями вырубаются, а концы тросов, пригодные к работе, сращиваются.

При перемотке тросов, бывших в работе, с одной лебедки на другую или с барабана лебедки на катушки, необходимо следить чтобы трос был под постоянным натяжением. Перемотка тросов со

слабиной может привести к преждевременной порче троса, так как в местах слабины образуются калышки.

Огоны на концах троса, предназначенные для крепления концевых грузов, вертушек, батитермографов и т. п., необходимо обновлять не реже, чем раз в месяц, так как в местах постоянного соприкосновения трос перегорает очень быстро, хотя внешних признаков разрушения троса не видно.

5.2. Растительные тросы

Характеристики растительных тросов. В зависимости от материала, из которого они изготовлены, растительные тросы бывают пеньковые бельные (несмоленые), пеньковые смоленые, манильские, кокосовые и сизальские. Перечисленные типы тросов характеризуются следующими основными свойствами.

Пеньковый несмоленый трос наиболее прочен на разрыв, но быстро намокает и тонет. Поэтому при употреблении его в качестве линя для привязных поплавков, к нему во многих местах привязывают пробковые или деревянные поплавки. Несмоленый пеньковый трос должен иметь серо-зеленый цвет и не обладать затхлым запахом или запахом гари. Бурый цвет или темные пятна свидетельствуют о недоброкачественности троса.

Пеньковый смоленый трос имеет разрывную крепость на 25% меньше, чем несмоленый, не намокает, от сырости вытягивается значительно меньше, чем все остальные сорта; однако он тяжел и негибок. Смоленый трос должен иметь блеск; цвет его однородный, буро-коричневый. Если трос становится матовым, то это означает, что он лежалый и, следовательно, уже мало пригоден для работы. Чрезмерная осмолка также является недостатком. Трос должен иметь свежесмолистый запах, лежалый трос обладает неприятным запахом, а при изгибании издает характерный треск.

Пеньковые тросы, как несмоленые, так и смоленые, по прочности подразделяются на следующие: 1) особого назначения, 2) специальные, 3) повышенные, 4) нормальные. Наиболее прочны на разрыв тросы особого назначения, наименее прочны нормальные тросы. Разрывающие усилия для пеньковых тросов приведены в ГОСТе 483—55.

Манильский трос изготавливается из волокна, получаемого из стеблей бананов. Он отличается гибкостью, легкостью, плавает в воде и мало намокает. Цвет его золотисто-коричневый.

Сизальский трос изготавливается из волокон агавы. Он несколько слабее манильского. Цвет его светло-желтый. Манильские и сизальские тросы в зависимости от степени прочности подразделяются на повышенные и нормальные. Повышенные тросы прочнее нормальных. Разрывающие усилия для манильских и сизальских тросов приведены в ГОСТе 1088—41.

Кокосовый трос изготавливается из волокон кокосовых пальм. Очень легок, плавает в воде, сильно вытягивается, значительно

менее прочен, чем другие сорта (примерно в четыре раза менее смоленого пенькового троса).

Растительные тросы изготавливаются следующим образом: из волокон прядут слева направо (по часовой стрелке) каболки, которые свивают (спускают) справа налево в пряди; последние, в свою очередь, свивают слева направо в трос. Свитый таким образом трос называется тросом прямого спуска или тросовой работы. Иногда трос свивают не из прядей, а из готовых тонких тросов прямого спуска (стренги), которые свивают справа налево. Полученные таким образом тросы называют тросами кабельной работы (кабельного спуска). В некоторых случаях каболки, пряди и сам трос свивают в обратную сторону, начиная вить каболки справа налево. Такой трос называют тросом обратного спуска.

По числу прядей тросы бывают трехпрядные, четырехпрядные и пятипрядные. Так как внутри четырех- и пятипрядного тросов образуется пустота, то для заполнения ее эти тросы плетутся вокруг сердечника.

Применяются также плетеные тросы, последние состоят из одной свитой пряди, покрытой оплеткой.

Уход за тросами. Растительные тросы отпускаются со складов в бухтах концами по 200 м. Лини (тросы тоньше 25 мм по окружности) — мотками по 100 м.

Чтобы распустить бухту нового троса, ее кладут на палубу боком, снимают вязки, продевают внутренний конец через бухту и распускают, наблюдая, чтобы шлаги (витки) не сбивались.

Все тросы укладывают в бухте с коренной (закрепленной), а не с ходовой их части. Тросы тросовой работы сворачивают обычно в бухты по часовой стрелке. Тросы кабельной работы — против часовой стрелки. Если свернутую таким образом бухту перевернуть и начать травить трос, то он не образует калышек (петель).

Тросы следует беречь от сырости, копоти, от масел, и кислот. Если трос запачкан илом, маслом или покрыт слоем копоти, то его тщательно промывают пресной водой, а затем просушивают, подвешивая или раскладывая в длинные бухты.

Трос, намокший в соленой воде, промывают пресной водой, после чего тщательно просушивают, так как кристаллы соли делают его гигроскопичным.

В дождливую погоду трос следует закрывать, а в сухую — просушивать и проветривать, развешивая на палубе.

На судне лини хранят на специальных деревянных вьюшках или в подвешенных бухтах. Более толстые тросы укладывают на палубе на деревянные решетки или банкетки, чтобы трос не намокал снизу и не гнил.

На складах все растительные тросы хранятся в сухих и хорошо проветриваемых помещениях.

5.3. Тросы из синтетического волокна

Характеристика тросов. В последнее время все более широкое применение получили тросы из синтетического волокна. Малый вес

этих тросов при значительной прочности, большая эластичность, инертность к воздействию морской воды делают их перспективными при океанографических работах в открытом море. При некоторых видах работ тросы из синтетического волокна имеют преимущества перед стальными.

В СССР тросы изготовляются в основном из капрона[1]. За рубежом изготовляются тросы и из других синтетических волокон, например, из куралона, нейлона-66 и др.

Тросы из капрона обладают большой прочностью. Разрывающая длина тросов, изготовленных из капрона с нормальным разрывным усилием, равна 22,5, а с повышенным — 24,0 км.

Капроновые тросы гибки, не боятся гниения, масел, мало намокают. На капроновые тросы действует солнечная радиация, под влиянием которой прочность тросов уменьшается[2] (при воздействии солнечных лучей на капроновые тросы в течение трех месяцев понижение прочности достигает 38%); поэтому капроновые тросы необходимо хранить в светонепроницаемых чехлах или в темном помещении.

При опускании капроновых тросов в воду прочность их снижается; это временное снижение прочности, которое почти полностью исчезает после высушивания. Кроме этого наблюдается также остаточное снижение прочности, которое объясняется вымыванием низкомолекулярной фракции капрона. При пребывании троса в воде до 15 суток остаточное снижение достигает 22%, при дальнейшем пребывании троса в воде оно не увеличивается. Капроновые тросы легче растительных (удельный вес капрона равен 1,14). Тросы из капрона значительно удлиняются (до 15%) под действием нагрузки, что ограничивает их применение при океанографических исследованиях[3].

Капроновые тросы изготовляются из капронового шелка № 34,5 и ниже. Они вырабатываются скручиванием трех прядей слева направо. Пряди изготовляются путем скручивания каболок с обратным направлением кручения. Каболки скручиваются из филиментарных нитей слева направо.

Изготовляются также и плетеные тросы типа фал. Они состоят из одной пряди, свитой по спирали из тонких капроновых нитей. Прядь заключена в оплетку, выполненную из нитей того же материала и толщины.

По прочности капроновые тросы подразделяются на тросы повышенной и нормальной прочности.

В табл. 5.5 приведены некоторые технические характеристики капроновых тросов.

---

[1] Ведутся работы по созданию тросов из полипропилена и частично из лавсана и нитрона.

[2] Ведутся работы по покрытию троса светонепроницаемой пленкой, которая предохранит волокно от действия света.

[3] Ведутся работы по созданию комбинированных тросов, состоящих из пеньки и капрона. Они будут легкими, прочными и должны обладать меньшим удлинением.

Таблица 5.5

Технические характеристики капроновых тросов

Диаметр, мм	Вес 1000 м троса, кг	Разрывные усилия, кгс: для тросов повышенной прочности	Разрывные усилия, кгс: для тросов нормальной прочности	Диаметр, мм	Вес 1000 м троса, кг	Разрывные усилия, кгс: для тросов повышенной прочности	Разрывные усилия, кгс: для тросов нормальной прочности
7,9	5,2	1 260	1 180	39,8	101,0	22 800	21 400
9,6	7,0	1 860	1 740	41,4	110,0	24 400	23 000
11,1	9,4	2 140	2 080	47,8	147,0	32 000	30 500
12,7	11,7	2 450	2 290	55,7	198,0	43 000	40 500
14,3	13,0	2 760	2 570	63,7	256,0	54 000	51 000
15,9	16,0	3 570	3 350				
19,1	22,2	5 450	5 100	ГОСТ 10293—67			
20,7	26,3	6 330	5 950				
23,9	36,5	8 650	8 120				
25,5	41,0	9 100	8 570	7,9	4,3	1 180	1010
28,7	53,0	12 400	11 700	9,6	5,4	1 450	1240
31,8	63,0	14 850	13 900	11,1	7,5	2 010	1730
33,4	72,0	16 750	15 800	12,7	10,0	2 720	2260
35,0	78,0	17 950	16 880	15,9	15,7	4 265	3660
36,6	87,0	19 500	18 700	19,1	22,8	6 020	5220
				25,5	40,2	10 580	8900

Уход за тросами. Капроновые тросы отпускаются со складов в бухтах или намотанными на деревянных барабанах. Длина троса определяется заказом.

Все внутренние и наружные поверхности каждой бухты (барабана) обертываются бумагой, а затем обшиваются тарной тканью или хлопчатобумажной лентой шириной не менее 0,5 м.

Концы троса должны быть обвиты каболкой в один ряд на длину 4—5 см; при этом ходовой конец перевязывается двумя вязками, расстояние между которыми равно 0,5 м.

Уход за капроновыми тросами почти такой же, как и за растительными. Капроновые тросы не боятся гниения, поэтому их можно хранить и в сыром помещении и не обязательно просушивать. Для предохранения от действия солнечной радиации их нужно хранить в светонепроницаемых чехлах или в темном помещении.

5.4. Кабели, применяемые при океанографических работах

При океанографических забортных работах в море применяются кабели одножильные и многожильные, которые хорошо изолированы, герметичны и достаточно прочны для спускания на них измерительных приборов. Этим требованиям более всего соответствуют кабели марок НРШМ, РШМ, КТШ, КСБШ, КСБШУ и кабель-трос рыбацкий.

Кабель РШМ (ТУКП 186—67) применяется для прокладки и присоединения к подвижным токоприемникам на судах морского и речного флотов и других морских плавучих сооружениях. Он имеет от 3 до 10 жил. Жилы изготовлены из медного провода, покрытого изоляцией из резины, затем обмоткой из прорезиненной тканевой ленты, по скрутке жил для кабелей от 4 жил и больше. Поверх одевается шланг из резины. При скрутке допускается заполнение резиновыми жгутами. Трехжильные кабели могут иметь дополнительную заземляющую и нулевую жилу.

Пример условного обозначения кабеля марки РШМ трехжильного, сечением 2,5 мм²:

Кабель РШМ 3×2,5 мм² ТУКП 186—67.

Номинальное напряжение переменного тока (частота 50 Гц) не более 660 В. Кабель эксплуатируется при температурах окружающей среды от —40 до +50°С. Допустимый радиус изгиба не менее 5 диаметров кабеля.

В качестве кабелей, которые могут нести нагрузку, применяются кабели КСБШ и КСБШУ-6×0,75 с номинальным наружным диаметром 18,8 мм и трос-кабель рыбацкий диаметром 5,5 мм.

Кабель КСБШ (ГОСТ 14962—69) имеет 6 жил с номинальным сечением 0,75 мм², которые скручены вокруг изолированного стального троса. При скрутке изолированных жил используется заполнение пространства между жилами резиновыми жгутами. Резиновые жгуты имеют отличающуюся по цвету изоляционную резину от цвета изолированных жил.

Жилы изготовлены из медного провода с резиновой изоляцией. Поверх скрученных жил кабелей накладывается лента из полиэтилентерефталатной пленки или прорезиненной невулканизированной ткани с перекрытием не менее 15% и резиновая оболочка.

Кабель выпускается длиной 240, 350 и 500 м. Разрывное усилие не менее 6,86 кН (700 кгс).

Номинальное напряжение переменного или постоянного тока до 220 В. Кабель эксплуатируется при температурах окружающей среды от —40 до +60°С. Допустимый радиус изгиба не менее 5 диаметров кабеля.

Пример условного обозначения шестижильного кабеля марки КСБШ с медными жилами сечением 0,75 мм², с резиновой изоляцией в резиновой оболочке:

Кабель КСБШ 6×0,75 ГОСТ 14962—69.

Кабель-трос рыбацкий (ТУ 14-4-41-71) изготовляется Одесским стале-проволочно-канатным заводом. Он имеет одну жилу, состоящую из 7 медных мягких проволок диаметром 0,3 мм. Изоляция — шелк толщиной 0,25 мм и полиэтилен высокой плотности толщиной 0,8 мм. Оплетка кабеля двухслойная, нераскручивающаяся из оцинкованных проволок диаметром 0,8 мм; нижняя — левого направления из 12 проволок, верхняя — правого направления из 18 проволок. Вес 150 кг/км. Разрывное усилие 2000 кгс.

Кабель может эксплуатироваться в морской воде до глубины 3000 м. Сопротивление центральной жилы 40 Ом/км при 50 Гц до 500 В.

Кроме названных кабелей при океанографических работах в море применяются телефонные проволоки марок П-268 и П-274.

Глава 6. ИЗМЕРЕНИЕ ГЛУБИНЫ ПОГРУЖЕНИЯ ПРИБОРОВ

Глубины погружения приборов, опускаемых на тросе, могут быть определены:

1) измерением длины вытравленного троса с учетом угла наклона его (длина вытравленного троса измеряется с помощью блок-счетчика);

2) измерением этой глубины при помощи специальных приборов, позволяющих измерить гидростатическое давление столба воды, расположенного выше данного горизонта (для этой цели употребляются термометры-глубомеры). Этот метод при измерении больших глубин является наиболее точным.

6.1. Блок-счетчик

В настоящее время изготовляются блок-счетчики двух типов: 017 для измерения длин троса до 1000 м (рассчитан на нагрузку до 120 кг) и МБС для измерений длин троса до 10 000 м (рассчитан на нагрузку до 1 т).

Устройство блок-счетчика. Блок-счетчик 017 состоит из блока *3* (рис. 6.1), вращающегося в шарикоподшипниках между двумя половинами корпуса 2. Для предотвращения проскальзывания троса в канавке, имеющейся на наружной окружности блока, служит прижимной ролик *6*, а сама канавка профилирована. Профиль ее рассчитан на тросы диаметром 3—5 мм. Для удобства закладки троса на блок у одной из щек блок-счетчика имеется откидная скоба *5*. В нее вмонтирован прижимной ролик *6*. Ось блока *3* имеет червячную нарезку. Она связана с системой зубчатых колес счетчика оборотов *1*, имеющего три циферблата для отсчета единиц, десятков и сотен метров. Крепление стрелок счетчика основано на трении, что позволяет легко установить их на нули или на любое другое деление.

Для подвешивания блок-счетчика служит рым, укрепленный на вертлюге, что дает возможность блоку поворачиваться в горизонтальной плоскости.

Блок-счетчик МБС состоит из блока, вращающегося в шарикоподшипниках между двумя щеками. Тросовая канавка блока профилирована. Профиль ее рассчитан на трос диаметром 4—6 мм. Благодаря большим нагрузкам, обеспечивающим плотное прилегание троса в канавке шкива, прижимной ролик отсутствует. К одной

из щек прикреплен счетчик с четырьмя циферблатами для отсчета единиц, десятков, сотен и тысяч метров; стрелки счетчика рукой легко устанавливаются на нуль. Вместо откидной скобы для удобства закладки троса на блок имеется откидная щеколда на щеке, противоположной той, на которой укреплен счетчик.

Поверка блок-счетчика.[1] Перед началом работ блок-счетчик следует поверить, пропустив через него определенное, промеренное рулеткой, количество троса (100—200 м). При прохождении через блок-счетчик начала троса стрелки счетчика ставят на нуль. За-

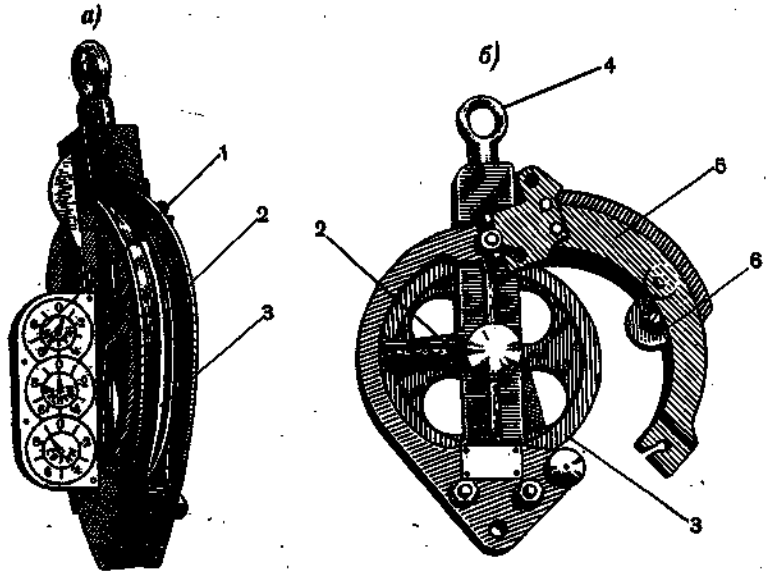


Рис. 6.1. Блок-счетчик 017.

а — вид сбоку, *б* — вид сзади.
1 — счетчик оборотов, *2* — корпус, *3* — блок, *4* — рым, *5* — скоба, *6* — прижимной ролик.

тем находят показание блок-счетчика, соответствующее длине пропущенного через него троса. При наличии на судне двух лебедок поверку можно сделать, перематывая трос с одной лебедки на другую.

Отношение длины пропущенного через блок-счетчик троса к показаниям счетчика называется поправочным коэффициентом блок-счетчика K:

$$K = \frac{L}{m}, \tag{6.1}$$

где L — длина пропущенного через блок-счетчик троса, m — показание блок-счетчика.

---

[1] Счетчики лебедок поверяются таким же образом.

Например, через блок-счетчик пропущено 100 м троса, показание блок-счетчика при этом оказалось 105 м. Поправочный коэффициент 0,95.

Для определения истинной длины троса следует показание блок-счетчика помножить на коэффициент блок-счетчика, т. е. вычислить его по формуле

$$L = Km. \tag{6.2}$$

При опускании приборов на глубины обычно требуется решать обратную задачу, т. е. определять, какие показания счетчика соответствуют заданной разности h глубин погружений приборов (разности двух стандартных горизонтов).

Показания счетчика m вычисляют по формуле

$$m = \frac{L}{K} = \frac{h \sec \alpha}{K}, \tag{6.3}$$

где α — угол наклона троса.

Таблицы со значениями m, вычисленными по формуле (6.3) для различных α, h и K, приведены в приложении 6.

Нужную таблицу из приложения 6 рекомендуется перепечатать, наклеить на плотный картон и пользоваться ею при опускании приборов.

Уход за блок-счетчиками. Счетчик необходимо держать в чистоте и следить за тем, чтобы он не заржавел и не покрывался зеленью. При работе необходимо следить за блок-счетчиком: не соскочил ли трос со шкива, хорошо ли вращается шкив, нет ли пропила желоба шкива, либо щеки.

После окончания каждого рейса блок-счетчик нужно хорошо промыть пресной водой и просушить. Промывать блок-счетчик керосином не рекомендуется, так как это влечет в последующем интенсивное окисление металла. Мыть керосином можно только отдельные блоки, когда счетчик разобран и есть возможность вымыть детали горячей водой, насухо протереть и смазать маслом. Смазку производят легкими маслами, не густеющими при низких температурах. При отрицательных температурах счетчик смазывать маслом нельзя. Если он был до этого смазан, то смазку надо тщательно удалить. При сильном морозе трущиеся части рекомендуется смазывать графитной смазкой, но так, чтобы она ни в коем случае не попадала на кип шкива.

Необходимо внимательно следить за стрелками счетчика, своевременно устраняя слабину на осях и возможное трение стрелок о циферблат, так как это может вызвать большие ошибки в показаниях счетчика. Блок-счетчик следует брать только за рым или щеки, но не за счетчик.

Особое внимание следует обращать уходу за шариковыми подшипниками блок-счетчиков. Во время работы, не реже одного раза в месяц вскрываются крышки подшипников и производится замена смазки. На блок-счетчиках 017 через 4—6 месяцев работы произ-

водится смена подшипников; на блок-счетчиках МБС подшипники меняются через 1—1,5 года работы.

Перед каждым рейсом производится определение коэффициента блок-счетчика. При коэффициенте менее 0,85 производится замена шкивов блок-счетчика или восстановление их первоначальных диаметров путем наплавки и проточки кипа. Лебедочный должен следить, хорошо ли вращается блок, нет ли пропила желоба или щеки.

При работе в зимнее время необходимо следить за тем, чтобы счетчик не обледеневал. Стекающая с выбираемого троса вода, имеющая зимой температуру, близкую к точке замерзания, попадая на холодный, висящий на ветру счетчик, мгновенно замерзает. Часто лед покрывает кип шкива тонким, не сразу заметным слоем. Образование льда на канавке блока ведет к проскальзыванию троса и вызывает большие ошибки в показаниях счетчика. Внутри счетчика размалываемый блоком лед смешивается с загустевшим на морозе маслом. Набиваясь в шестерни, лед вызывает поломку зубцов и расшатывание всей системы шестерен.

Во избежание обмерзания счетчика, если позволяет устройство палубы, устанавливают над ним защиту в виде прямоугольной парусиновой будки на деревянном каркасе, отепляемой электрической печкой. Если это окажется невозможным, то можно рекомендовать согревание счетчика горячей пресной водой или паром из системы отопления судна, подводя его к счетчику при помощи мягкого шланга. Отогревают счетчик по мере надобности. Хранят блок-счетчик хорошо промытым и совершенно сухим в неплотно закрытом ящике, так как в закрытом ящике (без вентиляции) он покроется зеленью.

6.2. Угломеры

Под влиянием дрейфа судна или течения может происходить отклонение троса от отвесного положения. Вследствие этого подвешенные на нем гидрологические приборы окажутся не на заданных глубинах. В зависимости от количества, веса и формы подвешенных приборов угол наклона троса может оказаться различным при одном и том же течении и дрейфе судна. Действительное положение троса под водой можно приближенно получить путем измерения угла наклона в нескольких точках на поверхности и под водой.

Прикладной угломер. Для измерения угла наклона троса непосредственно с палубы судна служит угломер, изображенный на рис. 6.2. Прибор представляет собой 90-градусный сектор металлического круга с ручкой. Сектор разделен на градусы. В центре круга на оси посажена стрелка-указатель с отвесом. На обратной стороне прибора имеется пара штифтов. Штифты расположены на линии, параллельной нулевому радиусу круга.

Для измерения угла наклона троса угломер прикладывают штифтами к тросу, так чтобы плоскость прибора находилась в плоскости наибольшего наклона троса. В этом случае стрелка укажет его угол наклона.

Подводный угломер. Подводный угломер (рис. 6.3) предназначен для определения угла наклона троса в точке крепления мор-

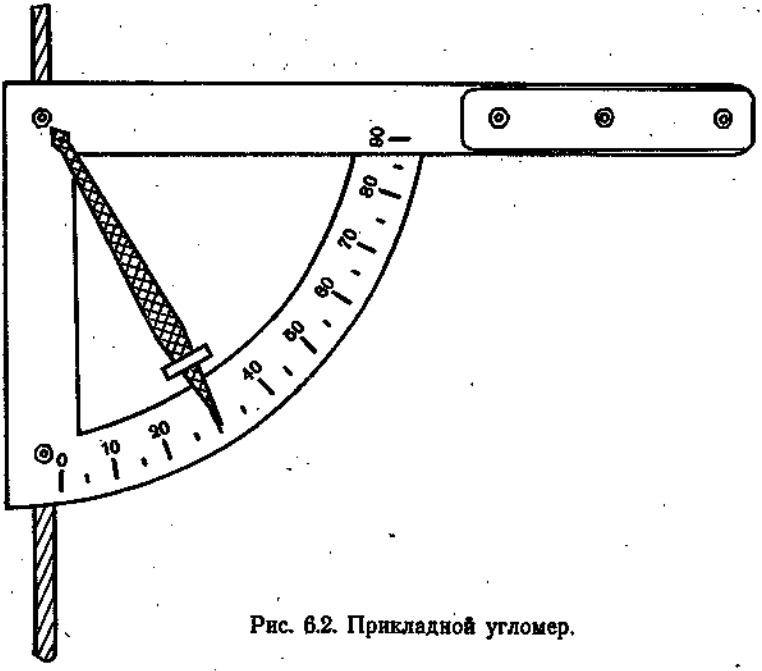


Рис. 6.2. Прикладной угломер.

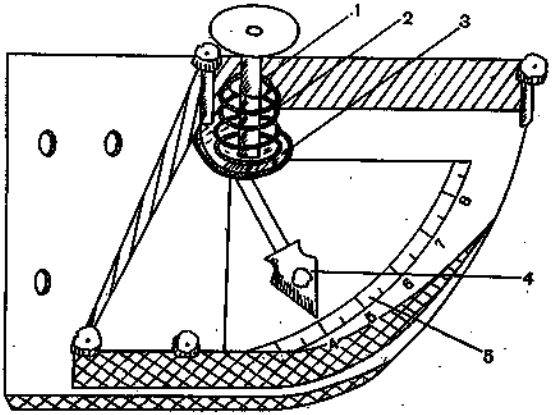


Рис. 6.3. Подводный угломер.

1 — штифт, *2* — пружины, *3* — шайба, *4* — стрелка, *5* — шкала.

ского батометра. Он сконструирован Д. П. Попковым. Угломер успешно испытан в экспедиции на э/с «Шокальский» зимой 1961—1962 г. Прибор состоит из металлической коробки с крышкой из

органического стекла, внутри которой на оси вращается стрелка *4* с утяжеленным концом. Положение стрелки можно отсчитать по шкале *5*, нанесенной на основании коробки. Стрелка закрепляется под любым углом шайбой *3*, прикрепленной к штифту *1* с помощью пружины *2*, надетой на этот штифт. Для надежного сцепления фиксирующей шайбы с основанием стрелки на внутренних плоскостях обоих нанесена мелкая насечка, что увеличивает трение и не позволяет стрелке изменить свое положение. Угломер крепится к зажимному устройству морского батометра, так чтобы выступающий за основание коробки нижний конец штифта (на рисунке этот конец не виден) упирался в нижний рычаг батометра, посредством которого открывается и закрывается его кран. При этом стрелка *4* освобождается и принимает положение, соответствующее углу наклона троса в точке крепления батометра. При опрокидывании батометра рычаг, в который упирается штифт, отходит и последний зажимает стрелку, фиксируя угол наклона троса в точке крепления батометра в момент опрокидывания.

Описанные угломеры весьма просты в устройстве и могут быть легко изготовлены в условиях бюро поверки или механической мастерской экспедиционного судна.

6.3. Термометр-глубомер ТГМ

Как уже было указано, точное определение глубины погружения приборов может быть достигнуто только непосредственным измерением этой глубины. Возможность такого измерения обеспечивается применением термометров-глубомеров (термоглубомеров-ТГМ), показания которых определяются также гидростатическим давлением расположенного над ними столба воды.

Принцип действия и устройство термометра-глубомера.

Термоглубомером служит несколько измененный глубоководный опрокидывающийся термометр (рис. 6.4), у которого наружная стеклянная трубка, защищающая резервуар термометра от давления воды, открыта с нижней стороны и имеет в верхней части отверстие для стока воды [1]. В таком незащищенном от давления термометре длина столбика ртути в капилляре будет изменяться не только под влиянием температуры, но и в результате меняющегося внешнего давления.

Одновременно с глубомером в паре с ним на ту же глубину опускается обычный глубоководный термометр (см. п. 7.1), защищенный от давления столба воды. Поскольку отсчет по защищенному термометру дает истинную температуру воды на данном горизонте, а отсчет по незащищенному термометру искажен влиянием давления, то значение последнего легко может быть рассчитано по разности показаний обоих термометров. Таким образом, остается лишь перевести давление, выраженное в градусах температуры,

---

[1] Для уменьшения длины термометра-глубомера резервуар его основного термометра отогнут и располагается вдоль капилляра.

в линейную меру, показывающую высоту столба воды над термометром-глубомером.

Удлинение столбика ртути при изменении давления на 1 кг/см^2 называется коэффициентом давления (или коэффициентом сжимаемости) термоглубомера. Коэффициент этот измеряется в компрессорной установке при выпуске термоглубомера с завода и выражается в делениях шкалы термометра. Значение коэффициента давления со временем, по мере старения стекла, может изменяться. Поэтому необходимо производить его поверку не реже одного-двух раз в год. Если нет возможности сделать поверку коэффициента давления в поверительной организации, его можно поверить непосредственно в море. В свидетельстве о поверке термометра-глубомера, кроме коэффициента давления, приводятся те же данные, что и в свидетельствах обычных глубоководных термометров.

В настоящее время изготовляются четыре типа термометров-глубомеров: 1) со шкалой от —2 до 10° и ценой деления 0,05° (для измерения глубин до 350—800 м при температуре на предельных глубинах от —2 до 5°); 2) со шкалой от —2 до 20° и ценой деления 0,1° (для измерения глубин до 450—1500 м при температуре на предельных глубинах от —2 до 5°); 3) со шкалой от —2 до 30° и ценой деления 0,1° (для измерения глубин до 1800—2000 м при температуре на предельной глубине от —2 до 5°); 4) со шкалой от 25 до 55° и ценой деления 0,2°, с видимым местом 0° (для измерения глубин до 4000 м при температуре на предельных глубинах от —2 до 5°).

Так как глубомер состоит из двух глубоководных термометров: защищенного от давления и незащищенного, занимающих обе прикрепленные к батометру или к раме гильзы, то для одновременного измерения температуры

Рис. 6.4. Термометр-глубомер ТГМ.

воды желательно смонтировать третью гильзу для второго опрокидывающегося термометра, так как температура воды обычно измеряется не одним, а двумя опрокидывающимися термометрами. При достаточном числе термометров-глубомеров рекомендуется смонтировать и четвертую гильзу для второго термоглубомера. Отсчет по термометрам-глубомерам, поверку их и уход за ними производят так же, как и при пользовании глубоководными опрокидывающимися термометрами (гл. 7).

Определение коэффициента давления термометров-глубомеров. Определение коэффициента давления термометров-глубомеров можно производить двумя способами: 1) по коэффициенту давле-

ния контрольного термометра-глубомера; 2) по глубине погружения в воду поверяемых термометров-глубомеров.

Первый способ. Термометры-глубомеры, подлежащие поверке, вместе с одним или двумя исправными (вполне надежными) термоглубомерами, коэффициенты давления и поправки которых известны, и с двумя надежными глубоководными термометрами, поправки которых также известны, вставляют в гильзы рамы, предназначенной для поверки термометров. Раму с термометрами и термоглубомерами погружают на различные глубины, выбираемые с таким расчетом, чтобы поверкой была охвачена, по возможности, вся шкала поверяемых термоглубомеров. Рама с термометрами и термоглубомерами выдерживается на каждом горизонте 15 мин, после чего опускают посыльный груз и опрокидывают ее. Подняв раму, производят первые отсчеты термометров и термоглубомеров, затем выдерживают их в помещении с постоянной температурой до тех пор, пока окончательно установятся показания вспомогательных термометров, и производят вторые отсчеты. Отсчеты следует производить очень тщательно.

В показания термометров и термоглубомеров как контрольных, так и поверяемых, следует ввести инструментальные и редукционные поправки.

Для любой глубины коэффициент давления каждого поверяемого термоглубомера вычисляется по формуле

$$\beta_1 = \beta_2 \frac{T_1 - T_0}{T_2 - T_0}, \qquad (6.4)$$

где β_1 — коэффициент давления поверяемого термометра-глубомера; β_2 — коэффициент давления контрольного термометра-глубомера[1]; T_0 — принятая температура по глубоководным термометрам; T_1 — исправленный второй отсчет по поверяемому термометру-глубомеру; T_2 — исправленный второй отсчет по контрольному термометру-глубомеру.

Коэффициент давления термоглубомера вычисляется путем деления суммы всех значений β_1 для отдельных глубин на их число.

Второй способ. Поверка этим способом возможна только в тихую погоду, когда угол наклона троса равен 0°.

Поверяемые термометры-глубомеры вместе с двумя надежными глубоководными термометрами вставляют в гильзы рамы, предназначенной для поверки глубоководных термометров, или при отсутствии ее прикрепляют к батометру, оборудованному тремя или четырьмя гильзами. Раму или батометр, как и при первом способе, погружают на различные глубины. Глубины погружения прибора определяют по блок-счетчику, который предварительно тщательно проверяют.

---

[1] Если коэффициент давления определяется при помощи двух контрольных термоглубомеров, то β_2 и T_2 берутся отдельно для каждого контрольного термометра-глубомера.

После 15-минутной выдержки рама (батометр) опрокидывается и поднимается для отсчетов. Отсчеты производятся так же, как и при определении коэффициента давления по первому способу.

Коэффициент давления для каждой глубины вычисляют по формуле

$$\beta = \frac{10\alpha m\,\Delta t}{H}, \qquad (6.5)$$

где Δt — разность между принятой температурой по глубоководным термометрам и исправленным вторым отсчетам по термоглубомеру; αm — средний удельный объем воды от поверхности моря до глубины погружения прибора; H — глубина погружения прибора, определяемая по блок-счетчику, м.

Коэффициент давления термоглубомера вычисляют путем деления суммы всех коэффициентов давления для отдельных глубин на их число.

Точность определения глубин погружения приборов при помощи термометров-глубомеров. Термометры-глубомеры дают возможность определять глубину погружения с точностью, приведенной в табл. 6.1.[1]

Таблица 6.1

Глубина погружения, м	Средняя погрешность, ±%	Допустимая разность для осреднения глубин по двум ТГМ, м	Глубина погружения, м	Средняя погрешность, ±%	Допустимая разность для осреднения глубин по двум ТГМ, м
100	1,5	3,0	1000	0,5	10,0
150	1,2	3,6	1500	0,5	15,0
200	1,0	4,0	2000	0,5	20,0
250	1,0	5,0	3000	0,4	26,0
300	1,0	6,0	4000	0,4	32,0
500	0,7	7,0	5000	0,4	40,0

Для надежного определения глубины погружения приборов до 300—500 м необходимо термоглубомеры размещать не менее, чем на 3—5 горизонтах. Для определения глубины погружения серии из 15—20 приборов, опущенных на глубины до 2500—3000 м, число горизонтов с термоглубомерами следует увеличить до 6—7.

Термоглубомеры рекомендуется устанавливать на горизонты: 200, 300, 500, 800, 1000, 1500, 2500, 3500 м. При работе до дна на два концевых горизонта необходимо ставить термоглубомеры.

---

[1] По данным, полученным К. В. Морошкиным в Институте океанологии АН СССР из наблюдений на экспедиционном судне «Витязь».

6.4. Определение глубины погружения приборов, не снабженных термометрами-глубомерами

Когда термоглубомер опускается не на каждый горизонт серии, то глубину погружения приборов на эти промежуточные горизонты можно определить четырьмя способами. Сущность их сводится к тому, что на построенной кривой находят места приборов, не снабженных глубомерами.

Первый способ. Этот способ заключается в том, чтобы в разность глубин по вертикали вместить разность длин вытравленного троса, который идет по кривой, приблизительно отображающей положение троса в воде.

В зависимости от сочетания ветра и течения при небольшом по весу (в сравнении с весом вытравленного троса) концевом грузе кривые троса можно приближенно разбить на три основные группы:

1) слабый ветер и слабое течение, кривая находится внутри угла отклонения троса от вертикали;

2) свежий ветер и умеренное течение, кривая почти совпадает с прямой, идущей под углом наклона троса от вертикали;

3) сильный ветер и сильное течение, направленное по ветру, кривая выходит за пределы угла отклонения троса от вертикали.

Обработку по первому способу производят следующим образом.

1. На миллиметровой бумаге по оси ординат откладывают глубину прибора H, снабженного термоглубомером, и длину вытравленного троса L (рис. 6.5 *а*). Масштаб выбирается в зависимости от глубины станции, но в то же время таким, чтобы чертеж не занимал много места.

От оси ординат проводят перпендикуляры (пунктирные линии), соответствующие глубинам, измеренным термоглубомерами (линии глубин).

2. По той же оси ординат откладывают в выбранном масштабе отрезки, соответствующие длинам вытравленного троса L для каждого прибора, снабженного термоглубомером; затем радиусами, равными этим длинам, проводят дуги окружностей до пересечения с линиями глубин. Точки пересечения линий глубин с упомянутыми дугами окружностей соединяют плавной кривой, которая будет соответствовать кривой, образованной тросом с серией приборов (кривая троса).

3. Эта кривая должна удовлетворять следующим условиям. Общая длина кривой (в масштабе) должна быть равна длине всего вытравленного троса. Отрезки кривой между двумя последовательными парами батометров с термоглубомерами должны соответствовать длине троса между ними. В верхней части кривая должна идти под углом наклона надводной части троса α, точность определения которого равна $\pm 5°$. Поскольку угол наклона троса непостоянен, точки пересечения кривой с линиями глубин могут не совпадать с точками пересечения этих прямых с дугами, проведенными радиусами, равными длинам вытравленного троса (на

рисунке нижняя точка не лежит на пересечении дуги с линией глубин). Правильную форму кривой троса можно найти только после тщательного промера всей кривой и ее отрезков между каждой парой приборов с термоглубомерами. Если показания какого-либо термоглубомера будут неверны, то соответствующая этим показа-

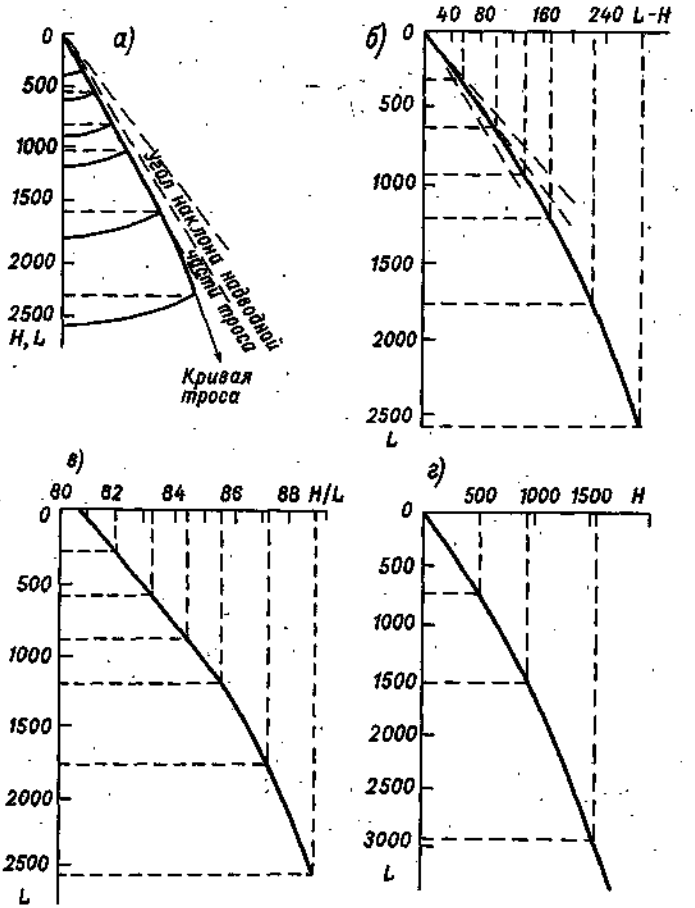


Рис. 6.5. Определение глубины погружения приборов, не снабженных термометрами-глубомерами.

ниям точка не будет лежать на кривой. Это обстоятельство дает возможность контролировать показания термоглубомеров.

4. Глубины погружения приборов, не снабженных термоглубомерами, определяют следующим образом: а) находят разность длин вытравленного троса между приборами с термоглубомером и прибором, глубину погружения которого требуется определить; б) от точки, соответствующей глубине погружения прибора с термоглубомером, откладывают на кривой найденную разность длин

вытравленного троса и против полученной на кривой точки находят на оси ординат искомую глубину. Следует учесть, что сумма расстояний между всеми точками на кривой должна быть равна общей длине вытравленного троса.

Рационализацию первого способа предложил Г. П. Пономаренко. Берут гибкую (из текстолита) линейку длиной 50 см и на нее наклеивают полоску из миллиметровой бумаги. На листе миллиметровой бумаги по оси ординат откладывают глубины и проводят от оси ординат линии глубин (см. выше). Затем на линейке в том же масштабе откладывают длину вытравленного троса от поверхности до каждого батометра, включая и батометры с термоглубомерами. Точки, соответствующие последним, отмечают значками. Нулевую точку линейки помещают в начало координат графика. Затем линейку изгибают таким образом, чтобы точки со значками попали на соответствующие горизонтальные прямые. Положение линейки фиксируют дополнительными точками и карандашом по изогнутой линейке прочерчивают кривую троса.

Отмеченные точки закрепляют на кривой, после чего по шкале глубин снимают глубины так, как это указано выше.

Дальнейшее усовершенствование данного метода сделано Завражиным М. Е. Изготовляется планшет, обтянутый миллиметровой бумагой, и укрепляется стационарно на переборке лаборатории. В точке начала координат зажимным болтом под углом к вертикали, равным углу наклона троса в момент бросания грузика, фиксируется тонкая линейка из органического стекла. Затем изгибают линейку так, чтобы значение длины вытравленного троса термоглубомера L на линейке совпало с прямой, отстоящей от начала координат на величину, равную значению глубины данного термоглубомера и закрепляют иголкой. И так для всех ТГМ. Затем по длине вытравленного троса каждого прибора снимают значения глубины.

Второй способ. 1. По оси ординат в выбранном масштабе откладывают длину вытравленного троса L, а по оси абсцисс — разности между длиной вытравленного троса и показаниями термоглубомера $L-H$ (рис. 6.5 *б*).

2. Через точки, соответствующие значениям L и $L-H$ приборов, снабженных термоглубомерами, проводят плавную кривую, удовлетворяющую следующим условиям:

а) она должна пройти через начало координат, так как на поверхности $L=H=0$;

б) в верхней части кривая должна лежать внутри угла, образованного двумя проведенными из начала координат прямыми, одна из которых проходит через точку с абсциссой $L[1-\cos(\alpha-5)°]$[1] и ординатой L, а другая через точку с абсциссой $L[1-\cos(\alpha+5)°]$ и ординатой L. Например, угол наклона

[1] В верхней части кривой $H=L\cos\alpha$, откуда абсциссы точек, через которые должны проходить прямые $L-H=L(1-\cos\alpha)$. Так как α определяется с точностью $\pm5°$, то искомые абсциссы равны $L[1-\cos(\alpha\pm5)°]$.

троса равен 35°; ордината $L=100$. Точка, через которую проходит одна из прямых, образующих угол, в котором лежит верхняя часть кривой, имеет абсциссу $100(1-\cos 30°)=100(1-0{,}87)=13$, а другая $100(1-\cos 40°)=100(1-0{,}77)=23$.

Эти условия имеют существенное значение для определения глубин погружения серии приборов при небольшом числе термоглубомеров в серии. Если показания одного из глубомеров неверны, то соответствующая этим показаниям точка не будет лежать на кривой.

3. Для определения глубины погружения прибора, не снабженного термоглубомером, необходимо вычесть из длины вытравленного при опускании его троса соответствующее значение $L-H$, снятое с кривой, т. е. произвести подсчет по формуле

$$H=L-(L-H). \tag{6.6}$$

Например, $L=928$ м, значение $L-H=141$ м, отсюда $H=928-141=787$ м.

Третий способ. 1. По оси ординат в выбранном масштабе откладывают значения L, по оси абсцисс $\frac{H}{L}$ (рис. 6.5 *в*).

2. Через точки, соответствующие значениям L и $\frac{H}{L}$ для приборов, снабженных термоглубомерами, проводят плавную кривую. За начальную точку кривой принимается точка с абсциссой, равной $\cos\alpha$, где α — угол отклонения надводной части троса. Поскольку этот угол определяется с точностью $\pm 5°$, начальная точка кривой всегда мало надежна и может лежать в пределах $\cos(\alpha \pm 5°)$. Так, при угле наклона надводной части троса, равном 35° ($\cos 35°=0{,}82$), начальная точка может лежать в пределах 0,77—0,87. На приведенном графике за начальную точку кривой было принято значение $\cos\alpha=0{,}805$, что соответствует углу в 36° 20′. Если показания одного из термоглубомеров неверны, то соответствующая точка не ляжет на кривой.

3. Для определения глубины погружения приборов, не снабженных термоглубомерами, снимают с кривой отношение $\frac{H}{L}$, соответствующее длине L вытравленного троса для данного прибора, и умножают $\frac{H}{L}$ на L. Например: $L=928$ м; $\frac{H}{L}=0{,}898$, $H=833$ м.

Четвертый способ. 1. По оси ординат в выбранном масштабе откладывают длину вытравленного троса L, по оси абсцисс показания глубомера H (рис. 6.5 *г*).

2. Через точки пересечения линий L и H проводят плавную кривую.

3. Глубину погружения приборов, не снабженных термоглубомерами, снимают с кривой соответственно длине вытравленного троса для данного прибора.

Глубины погружения приборов при отсутствии планшета рекомендуется определять двумя способами (вторым и третьим) для взаимного контроля и устранения недостатков. В трудных случаях следует пользоваться тремя, или даже четырьмя способами.

Первым способом, как наиболее сложным, но и наиболее точным можно пользоваться только при малом числе глубомеров в серии или в трудных случаях — для контроля.

Графические построения для расчета глубины погружения приборов необходимы даже в тех случаях, когда каждый прибор снабжен термоглубомером, так как это позволяет выявить возможные ошибки самих глубомеров.

Все четыре способа определения глубины погружения промежуточных приборов в сериях основаны на учете длины вытравленного троса, в связи с чем к надежному измерению последней предъявляются очень высокие требования. Поэтому необходимо уделять самое серьезное внимание поверке блок-счетчиков и определению их поправочных коэффициентов.

6.5. Определение глубины погружения приборов по длине вытравленного троса и углу его наклона

Различают два случая расчета глубины погружения приборов по длине вытравленного троса с учетом угла его наклона:

1) при одном подвешенном к тросу приборе (этот случай применим и при определении глубины места с помощью тяжелого лота);

2) при нескольких (серии) приборах, подвешенных к тросу.

Если к тросу подвешен один прибор, то для определения его глубины погружения следует от длины вытравленного троса отнять поправку на его наклон.

Поправка на отклонение троса от вертикали состоит из поправки на наклон подводной части и поправки на наклон надводной части троса. Обе поправки приведены в табл. 71 «Океанологических таблиц». При длине вытравленного троса свыше 200 м, угле наклона троса менее 25° и высоте счетчика над поверхностью воды не более 4—6 м первой поправкой можно пренебречь. Если на тросе подвешена серия приборов, то поправки на наклон троса вычисляются по таблицам И. А. Киреева [9, 71, 187]. Таблицы эти вычислены графоаналитическим способом, исходя из предположения, что трос под влиянием тяжести погруженных приборов и течения образует линию, близкую к параболе. При этом предполагается, что приборы хорошо обтекаемы и скорости течения одинаковы на разных глубинах. Так как реальные условия отличаются от предполагаемых, то глубины погружения приборов, вычисляемые по таблицам Киреева, являются приближенными. Поэтому для определения глубин рекомендуется пользоваться термометрами-глубомерами.

6.6. Гидроакустический датчик глубины [1]

Кроме вышеуказанных приборов и методов для измерения глубины погружения приборов применяется также гидроакустический датчик глубины, получивший за рубежом название «Пингер». Приборы этого типа выгодно отличаются от термоглубомера и гидростатических датчиков тем, что позволяют непрерывно контролировать их пространственное положение при погружении.

Приборы построены либо по принципу активного ответа на запрос с судна, либо работают в режиме автоматических посылок гидроакустических сигналов «вниз» и «вверх», что позволяет не только контролировать его пространственное положение, но и точно фиксировать момент постановки на грунт.

В Морском гидрофизическом институте АН УССР разработаны гидроакустические датчики глубины ГАДГ-2 и ГАДГ-6 [177], предназначенные для непрерывной регистрации глубины погружения опускаемых на тросе приборов и определения их положения относительно поверхности и дна океана. С помощью этого прибора можно следить за процессом погружения автономных аппаратов, выводимых на заданные горизонты, производить «прицельную» постановку на грунт различных приборов. ГАДГ работает по принципу активного ответа, причем запрос осуществляется излученным сигналом эхолота. Этим же достигается и жесткая синхронизация ответного сигнала с началом развертки самописца. Отсчет глубины погружения, благодаря такой синхронизации, осуществляется так же, как и отсчет расстояния от поверхности до дна, исходя из известного значения скорости звука в морской воде.

Основным элементом гидроакустических датчиков глубины является приемно-передающий вибратор.

Вибраторы для работы на больших глубинах океана могут быть спроектированы различными способами. Глубоководные приемные гидрофоны либо должны иметь собственную силовую конструкцию, способную противостоять большим давлениям, либо должны быть сбалансированы с помощью электроизолирующих упругих жидкостей. При разработке глубоководных звукоизлучателей, особенно однонаправленных, возникает ряд сложных задач. Однонаправленность излучателей с четвертьволновыми резонаторами является функцией массы опорной пластины, но для низких частот (10—20 кГц) опорная пластина имеет значительные размеры и массу, способствующие снижению КПД излучателя.

При использовании полуволновых излучателей для исключения обратного излучения можно применить акустический экран (отражатель). Лучшим экраном является воздух в прочном корпусе. В этом случае глубина погружения вибратора ограничивается лишь прочностью корпуса.

Однонаправленность излучателей достигается путем так называемых свободнопогружаемых полуволновых резонаторов, форма

[1] Составил Ю. В. Терехин.

которых сводит до минимума обратное излучение. Описываемый вибратор (рис. 6.6) имеет хвост *1*, который может быть полным или усеченным конусом, цилиндрическую пьезокерамическую часть *2* с центром около узловой плоскости и расширяющуюся коническую головку *5*, скрепленные стяжным винтом *4*, который при прохождении пьезокерамической части заливается касторовым маслом *3*. Головки излучателя были испробованы алюминиевые, магниевые, бериллиевые, а хвосты — из стали или меди. Лучшие характеристики имел вибратор с магниевой головкой и стальной хвостовой частью. Эксперименты показали, что если материал и форма хвоста не критичны, то материал головок имеет существенное значение.

На параметры излучателя оказывает влияние и параметр конусности головки.

Вибраторы ГАДГ-2 и ГАДГ-6 выполнены в виде полуволновой системы плоскостержневого типа с применением акустического экрана, роль которого играет верхняя крышка контейнера.

Диаграмма направленности ГАДГ-2 составляет около 180° и может быть построена исходя

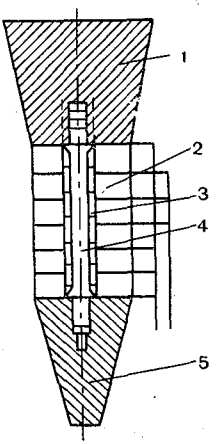


Рис. 6.6. Свободно погружаемый вибратор.

1 — стальной хвост, *2* — пьезокерамическая часть, *3* — касторовое масло, *4* — стяжной винт, *5* — магниевая головка.

из известных размеров излучающей поверхности и соотношения

$$R_\gamma = \frac{\sin\left(\frac{\pi a}{\lambda_{ср}}\sin\gamma\right)}{\frac{\pi a}{\lambda_{ср}}\sin\gamma}, \qquad (6.7)$$

где a — диаметр пластины, γ — текущий угол, $\lambda_{ср}$ — длина волны в среде.

Основные технические характеристики

	ГАДГ-2	ГАДГ-6
Максимальная глубина погружения, м	2000	6000
Рабочая частота, кГц	20	10
Ширина диаграммы направленности по уровню 0,7°	около 180	около 160
Время непрерывной работы, ч (в режиме ретрансляции при частоте повторения $F=0{,}5$ Гц)	12	12

Точность определения глубины с помощью ГАДГ обусловливается несколькими факторами:

1) заглублением вибратора эхолота относительно поверхности,
2) временем задержки на регистрацию,

3) инструментальной точностью отсчета на регистраторе,

4) ошибкой, связанной с наклоном троса.

Первые три фактора либо не играют существенного значения ввиду малой погрешности, либо легко учитываются, последний является определяющим в точности измерения глубины погружения, так как прибор дает возможность определить наклонную дальность. Ввиду того, что прием ответного сигнала на борту судна будет происходить только в том случае, если ГАДГ находится в пределах диаграммы направленности эхолота, можно оценить максимальное отклонение измеренной глубины от истинной. При ширине диаграммы направленности эхолота 20° (половина угла 10°) максимальное отклонение направления на прибор от вертикали, при котором еще происходит прием эхолотом ответного сигнала, составит 10°. Тогда истинное значение глубины, зафиксированное регистратором, может находиться в пределах

$$H = 0{,}985 H_{изм} \div H_{изм}.$$

При глубине $H_{изм} = 1000$ м максимально возможная ошибка составит 15 м.

Если используется глубоководный эхолот, ширина диаграммы которого не превышает 10° (половина телесного угла 5°), истинная глубина H сможет принять значения от 0,9962 $H_{изм}$ до $H_{изм}$ и при измеренной глубине 1000 м максимально возможная ошибка окажется меньше 4 м.

Проведенные испытания и работы с применением ГАДГ показали возможность и желательность их использования при различных океанографических исследованиях.

6.7. Подводный автономный углограф

Углограф предназначен для регистрации угла отклонения троса (буйрепа) с приборами от вертикали. Углограф разработан Рабиновичем М. Ю. и Каминским Г. П. [66].

На рис. 6.7 дан общий вид углографа в продольном разрезе. Подводный углограф состоит из металлического цилиндрического корпуса *5*, закрывающегося сверху крышкой *2*.

Внутри корпуса *5* на опорной пластине *3* укреплен регистрирующий механизм *8*. Маятник *4* жестко связан с осью подвеса *21*, которая через зубчатую шестеренку *22* и зубчатую рейку *1* связана со штоком *23*, на котором укреплено перо *7*, скользящее по ленте из меловой бумаги, намотанной на барабан *6*. Барабан *6* кинематически связан с заводными пружинами *10*, спуск которых осуществляется приставным часовым регулятором *9*.

В нижней части корпуса расположена эластичная диафрагма *12*, защищенная кожухом *13*. На образующей корпуса *5* укреплены две втулки *15*. Внутри каждой втулки помещен круговой поворотный тросовый зажим *19*, который дает возможность поворачиваться углографу на 360°. Тросовый зажим удерживается во втулке с помощью шлицевой шайбы *16*.

Перед работой всю внутреннюю полость прибора заполняют бензином и закрывают крышкой *2*. Крепление прибора к тросу осуществляется путем заведения троса *17* в пазы поворотных тросовых зажимов *19* и с помощью прижимной пластины *20* и болтов *18*. Когда оба зажима закреплены, прибор готов к работе.

При появлении угла наклона троса углограф благодаря действию силы тяжести и наличию тросовых зажимов поворачивается и занимает положение, при котором плоскость качания маятника *4* совмещается с плоскостью наклона буйрепа, а отклонение маятника через жестко скрепленную с ним ось подвеса *21* и укрепленную на ней шестеренку *22* передается на зубчатую рейку *1*. В результате шток совершает возвратно-поступательные движения пропорционально углу отклонения маятника, который фиксируется укрепленным на нем пером *7* в виде линии на меловой бумажной ленте, протяжка которой осуществляется барабаном *6*.

Вращение барабана происходит под действием заводных пружин, спуск которых осуществляется приставным часовым регулятором *9*. Работа часового регулятора в бензине обеспечивается соответствующим моментом сил, прикладываемых к нему. Бензин во внутренней полости защищает корпус от разрушающего внешнего давления и дает возможность использовать прибор на любых глубинах.

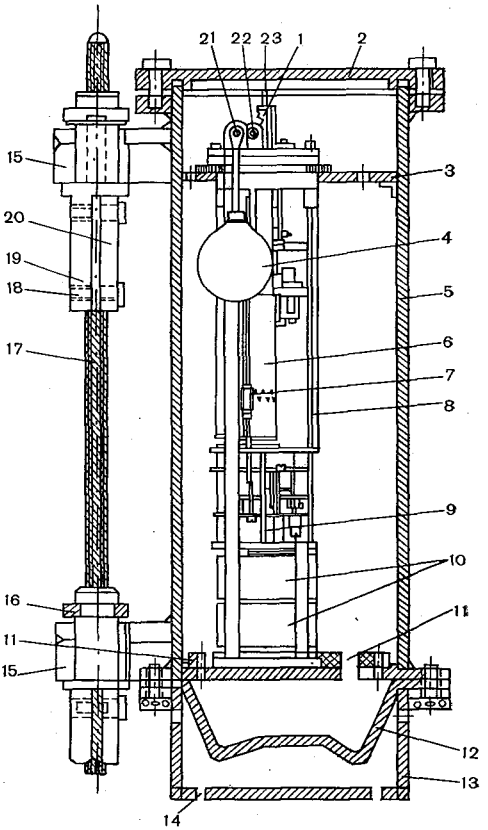


Рис. 6.7. Подводный автономный углограф (продольный разрез).

1 — зубчатая рейка, *2* — крышка, *3* — опорная пластина, *4* — маятник, *5* — цилиндрический корпус, *6* — барабан, *7* — перо, *8* — регистрирующий механизм, *9* — часовой регулятор, *10* — заводные пружины, *11* — отверстие в корпусе, *12* — эластичная диафрагма, *13* — кожух, *14* — отверстие в кожухе, *15* — втулки, *16* — шлицевая шайба, *17* — трос, *18* — болты, *19* — тросовый зажим, *20* — прижимная пластина, *21* — подвес, *22* — зубчатая шестеренка, *23* — шток.

Эластичная диафрагма благодаря наличию отверстий *11* в корпусе прибора и отверстий *14* в защищенном кожухе обеспечивает саморегулируемое уравнивание внешнего давления с давлением во внутренней полости прибора и защищает внутреннюю полость прибора от проникновения морской воды.

Лентопротяжный механизм углографа обеспечивает автономную работу прибора до 15 сут.

Диапазон измерения прибором углов отклонения буйрепа от вертикали составляет 0—70°.

Прибор эксплуатировался на НИС «Василий Головнин». Были выполнены измерения углов наклона буйрепа заякоренной буйковой станции в Индийском океане. Запись изменения углов наклона четкая, по ней можно определить не только углы наклона в определенные моменты времени, но и момент обрыва якорей от буйрепа, начало и конец дрейфа буйковой станции.

Глава 7. ИЗМЕРЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ ВОДЫ ГЛУБОКОВОДНЫМИ ТЕРМОМЕТРАМИ

7.1. Глубоководный опрокидывающийся термометр

Принцип действия и устройство глубоководного термометра. Принцип действия глубоководного опрокидывающегося термометра ТГ заключается в следующем. *После выдержки*, во время которой термометр расположен резервуаром вниз, он опрокидывается; при этом столбик ртути отрывается, стекает в противоположный конец термометра, отделяясь таким образом от основной части ртути, находящейся в резервуаре. *После отрыва* учитывается тепловое изменение объема только оторвавшейся ртути.

Глубоководный термометр (рис. 7.1) состоит из двух термометров: основного (главного) *9* и вспомогательного (добавочного или, как его иначе называют, коррекционного) *2*, заключенных в стеклянную оболочку *12*, предохраняющую их от давления воды на глубинах.

Основной термометр служит для измерения температуры воды, а вспомогательный — для измерения температуры внутри стеклянной оболочки в момент отсчета по основному термометру. Ее необходимо знать, чтобы ввести поправку на изменение объема оторвавшегося столбика ртути, который подвергается при поднятии термометра температурному влиянию вышележащих слоев воды и воздуха (редукционную поправку). Вспомогательный термометр смонтирован в опрокинутом состоянии относительно основного. Термометры скреплены друг с другом двумя металлическими хомутиками *10*, *8* и закреплены в стеклянной оболочке при помощи пробки *6* и пружинящих лапок *1*, прикрепленных к верхнему хомутику.

Основной термометр состоит из резервуара *5* и припаянного к нему толстостенного капилляра. Пространство между стеклянной оболочкой и резервуаром для исключения термоизолирующего влияния воздуха, находящегося в этом пространстве, заполнено ртутью. Эта ртуть изолирована пробкой *6* от остальной части

стеклянной оболочки. Чтобы внешнее давление не передавалось на резервуар термометра, пространство между резервуаром и наружной трубкой заполняется не полностью.

На некотором расстоянии от резервуара капилляр имеет сужение *4*, от которого ответвляется в сторону и вниз под небольшим углом так называемый глухой отросток *7*. При перевертывании термометра отрыв ртути должен происходить всегда в месте ответвления глухого отростка. Это основное условие правильности показаний термометра.

Несколько выше глухого отростка капиллярная трубка завернута петлей *3* в один оборот; капилляр на всем протяжении петли значительно расширен. Петля служит для приема излишка ртути, который может поступить в капилляр из резервуара после опрокидывания термометра. Этот излишек может возникнуть при расширении ртути от повышения температуры по сравнению с температурой, наблюдавшейся в момент опрокидывания термометра.

Выше петли капиллярная трубка прямолинейна. Для устранения параллакса при отсчетах (искажения при отсчете) передняя сторона ее изготовлена плоской. На эту часть капиллярной трубки нанесена шкала.

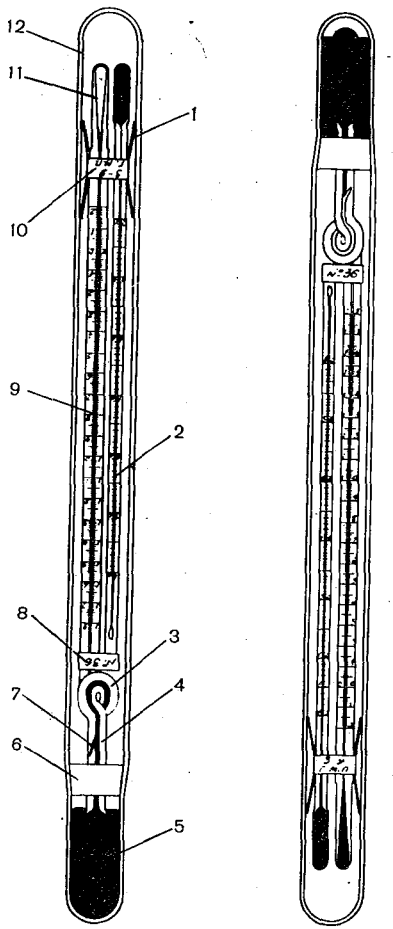


Рис. 7.1. Глубоководный опрокидывающийся термометр ТГ.

1 — пружинящие лапки, *2* — коррекционный термометр, *3* — петля, *4* — сужение, *5* — резервуар основного термометра, *6* — пробка, *7* — глухой отросток, *8*, *10* — металлические хомутики, *9* — основной термометр, *11* — приемник, *12* — стеклянная оболочка.

Цифровые обозначения целых градусов нанесены на шкалу, начиная от верхнего конца капилляра в обратном направлении относительно резервуара, так как отсчет производится при перевернутом положении термометра — резервуаром вверх. В верхней части капилляр имеет расширение *11*, называемое приемником. Объем приемника и капилляра до точки нуля для каждого данного термометра постоянен. Он выражается не в обычных объемных единицах, а в градусах, т. е. в тех же единицах, что и шкала термометра. Этот объем обозначается через V_0 или Vol. Значение

его наносят на приемник с задней стороны термометра, и, кроме того, указывают в свидетельстве о поверке термометра.

Для измерения температуры в морях с разным тепловым режимом используют термометры, имеющие шкалы с различными пределами. Наиболее приняты шкалы со следующими пределами: от —2 до 9°С с делениями через 0,05°; от —2 до 16° и от —2 до 32° с делениями через 0,1°. Вспомогательные термометры имеют шкалы с пределами от —20 до 45° с делениями через 0,5°.

Глубоководный термометр с видимым местом нуля. В 1951 г. освоено производство глубоководных термометров с видимым местом нуля (ТГВ), рассчитанных на работу в морях с высокой температурой воды. Этот термометр позволяет сохранить большую величину градусных делений при полных пределах шкалы от —2 до 32—34°С. Устроен он следующим образом.

В верхней части капилляра на обычном месте нанесена черта 0° и в обе стороны от нее еще по 2° (для поверки точки 0°). В капилляре устроено расширение, вмещающее количество ртути, измеряемое 8—10° шкалы. Это дает возможность начать шкалу сразу с 8—12°, сократив таким образом число градусных делений с 34 до 26—24°С.

Инерция глубоководного термометра. Всякий термометр обладает свойством не сразу принимать температуру окружающей среды. Это свойство называется температурной инерцией термометра. Каждому термометру свойственна своя инерция. Поэтому термометр должен выдерживаться в воде не меньше того времени, которое требуется для принятия температуры среды (время аккомодации). Однако термометр не следует выдерживать в воде больше этого времени во избежание потери времени при работе на океанографической станции.

Глубоководный термометр, если его инерция неизвестна, надо выдерживать в воде 5 мин.

Проверка исправности глубоководного термометра. Перед выходом в море следует проверять исправность термометров. Необходимо установить:

1) целость термометров и отсутствие трещин на оболочке;

2) не протекает ли ртуть через пробку;

3) надежность крепления основного и вспомогательного термометров в оболочке (при встряхивании они не должны шататься и стучать);

4) отсутствие в ртути пузырьков воздуха; это устанавливается тщательным осмотром столбика ртути в лупу;

5) действительно ли отрыв столбика ртути при опрокидывании термометра происходит у глухого отростка капилляра и полностью ли выливается ртуть из глухого отростка в капилляр;

6) свободно ли стекает ртуть вниз по капилляру. При опрокидывании термометра в исходное положение (без встряхивания и постукивания термометра) ртуть должна свободно стекать по капилляру и соединяться с основной частью ртути без просветов или пузырьков; глухой отросток должен полностью заполняться ртутью;

в освободившейся верхней части капилляра не должно оставаться никаких следов ртути;

7) наличие свидетельства о поверке (сертификата) и дату последней поверки термометра.

Срок годности сертификата для первого года работы термометра 6 месяцев, в последующий период — 1 год.

Проверку термометров производят в помещении с температурой выше 0°, но не выше верхнего предела шкалы проверяемых термометров. При проверке термометр берут руками только за середину, чтобы температура руки не влияла на температуру ртути в резервуаре термометра. Необходимо также проверить исправность вспомогательного термометра.

Чаще всего наблюдается разрыв столбика ртути вследствие неосторожного обращения с прибором. Если просвет в месте разрыва ртути небольшой, можно осторожным нагреванием в теплой воде защитной трубки со стороны вспомогательного термометра соединить разорвавшиеся части столбика ртути. Если этого не удается достигнуть, то термометр непригоден и должен быть заменен другим.

Поверка глубоководного термометра. Не реже одного раза в год, а в первый год не реже двух раз; после длительных работ в море; после всякого рода исправлений и при потере свидетельства о поверке термометры следует отправлять для поверки в поверительную организацию (бюро поверки). Если нет возможности отправить их в бюро поверки, то поверка точки 0° допускается на месте. Можно также определять инструментальные поправки термометров путем сличения их с исправными, по способу Н. Н. Зубова (способ сличения)[1]. Однако поверка термометров на месте не является полной и при первой возможности термометр должен быть направлен для поверки в поверительную организацию.

Поверка точки нуля. Стекло резервуара и капилляра термометра с течением времени сжимается, что приводит к повышению точки нуля. Постепенное сжатие капилляра объясняется тем, что при изготовлении резервуара термометра стекло подвергалось значительному нагреванию и было доведено до состояния размягчения. После остывания термометра, с течением времени частицы стекла под действием молекулярных сил восстанавливают нарушенное при нагревании их взаимное расположение и резервуар термометра постепенно сжимается, что ведет к повышению всех показаний термометра.

Для поверки точки нуля служит термостат (рис. 7.2), представляющий собой металлический цилиндр *1* с двойными стенками, пространство между которыми заполнено теплоизолирующим материалом *2*, например пробковой крошкой. Цилиндр закрывается

---

[1] Инструментальные поправки определяются способом сличения при отсутствии свидетельства о поверке или при наличии свидетельства, но при невозможности определения точки нуля.

с обеих сторон двухстенными коническими крышками *8*, которые закрепляются на цилиндре при помощи болтов *9*. В крышках имеются отверстия *7* для стока талой воды. Цилиндр при помощи двух цапф *3* устанавливается на металлической станине *5* в подшипниках *4*, в которых он может вращаться. Для удерживания цилиндра в вертикальном положении в одном из подшипников и в соответствующей ему цапфе цилиндра имеются совмещающиеся отверстия, в которые может быть вставлена стопорная шпилька.

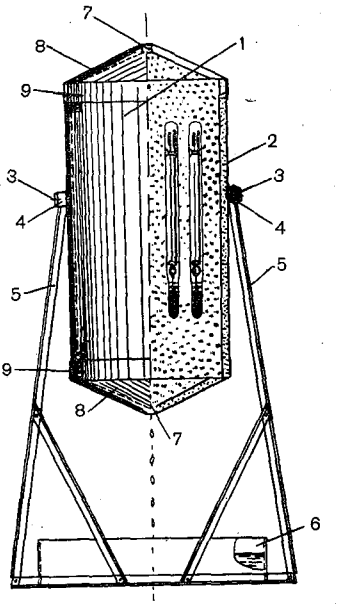


Рис. 7.2. Термостат для определения точки нуля.

1 — металлический цилиндр, *2* — теплоизолирующий материал, *3* — две цапфы, *4* — подшипники, *5* — металлическая станина, *6* — ванночка для талой воды, *7* — отверстия для стока воды, *8* — конические крышки; *9* — болты.

Под термостатом устанавливается ванночка *6*, которая служит для собирания талой воды, стекающей с термостата.

Перед поверкой термометры должны выдерживаться при комнатной температуре от 15 до 20 дней. Это делается для того, чтобы устранить временную депрессию точки 0°.

Поверку точки 0° производят следующим образом. Цилиндры и крышки термостата моют чистой водой; на цилиндр надевают нижнюю крышку, после чего он набивается чистым снегом или скобленым льдом. Лучше использовать скобленый лед, заготовив его из чистого речного льда, хорошо обмытого чистой водой. Можно использовать и только что выпавший снег, однако необходимо, чтобы он был собран в чистый сосуд. Перед употреблением такой сосуд следует обязательно промыть чистой водой.

В сосуд снег (лед) накладывают плотно, трамбуя его деревянной чистой лопаткой и смачивая дистиллированной водой, чтобы он начал таять и в нем оставалось возможно меньше воздуха и пор, которые могут исказить показания термометров.

Перед самой поверкой термометры тщательно моют, если надо, щеткой, но без мыла. Испытуемые опрокидывающиеся термометры (не более 4—5 одновременно) погружают в цилиндр со снегом (льдом). Туда же погружают и контрольный, хорошо выверенный (неопрокидывающийся) термометр, положение точки 0° которого точно известно. Все термометры должны быть погружены в снег (лед), который к ним должен плотно прилипать. После этого цилиндр закрывают верхней крышкой и оставляют термометры в нем на 30 минут.

Температура в помещении, где производят испытание, должна быть положительной, но не выше 15°С. Снег (лед) в цилиндре

в процессе наблюдений медленно тает, что видно по каплям воды, стекающим через трубку нижней крышки.

Температура тающей массы проверяется время от времени контрольным термометром. Для этого снимают верхнюю крышку сосуда, термометр частично вынимают из снега (льда) и производят отсчет. При нормальных условиях показания контрольного термометра после введения инструментальной поправки всегда должны быть точно равны 0,00°. По мере таяния снег (лед), предварительно выдержанный в помещении в стеклянной посуде до начала таяния, добавляют в термостат. После того, как контрольный термометр покажет 0,00°, но не ранее чем через 30 мин, цилиндр поворачивают на 180°, вследствие чего поверяемые термометры опрокидываются. Выждав 1—2 мин, снимают крышку роговой или деревянной лопаточкой (шпателем), раскапывают сначала один из термометров. Захватив термометр деревянными щипцами, поднимают его кверху ровно настолько, чтобы можно было произвести отсчет нулевой точки.

После отсчета термометр опускают на свое место, закрывают массой снега или льда, откапывают следующий термометр и т. д. Отсчет термометров производят с точностью до сотых долей градуса. Для исключения ошибок поверителей отсчеты производятся последовательно двумя поверителями. Отсчеты необходимо производить при помощи лупы Нансена, а при отсутствии её — с помощью обыкновенной лупы. Лупу следует держать так, чтобы отсчет производился через ее середину. Термометр надо отсчитывать по касательной к наивысшей выпуклости мениска ртути.

Произведя отсчеты по всем термометрам, прибор закрывают крышкой и переворачивают в первоначальное положение, после чего проверяют температуру массы льда или снега по контрольному термометру и, если нужно, снова добавляют льда или снега.

По прошествии 30 мин повторяют всю операцию и так до трех раз. Последовательные отсчеты по одному и тому же термометру не должны отличаться друг от друга более, чем на 0,01°.

Выводятся средние значения температуры для точки 0°. Величину, на которую сместилась после поверки точка нуля термометра, вносят как добавочную инструментальную поправку к поправкам шкалы.

Например, инструментальные поправки основного термометра, приведенные в свидетельстве о поверке следующие:

Температура, °С	—2	0	4	8	12
Поправка, °С	0,03	0,01	0,02	0,02	0,02

Поверкой установлено, что точка 0° сместилась на —0,02°. В этом случае ко всем поправкам следует прибавить 0,02°. Инструментальные поправки будут следующими:

Температура, °С	—2	0	4	8	12
Поправка, °С	0,05	0,03	0,04	0,04	0,04

Определение инструментальных поправок. Определение инструментальных поправок способом сличения производят следующим образом. Шесть термометров, подлежащих поверке вместе с двумя исправными (вполне надежными) термометрами, поправки которых известны, погружают в море и сравнивают поверяемые термометры с исправными.

Для погружения термометров в море можно воспользоваться рамой Н. Н. Зубова (рис. 7.3). В четырехугольной раме *5* укреплены восемь гильз *4*, в которые вставляют глубоководные термометры. Сверху и снизу гильзы соединены между собой двумя планками с гнездами *3*, в которые вставлены гильзы. Гильзы с термометрами могут вращаться вокруг горизонтальной оси внутри рамы.

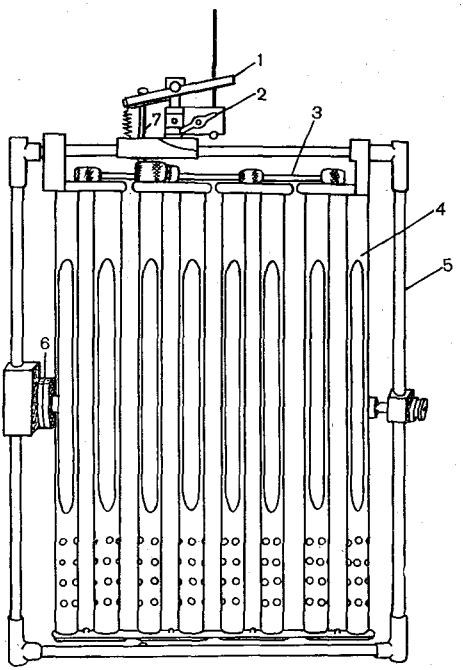


Рис. 7.3. Рама Н. Н. Зубова для поверки глубоководных термометров.

1 — спусковой рычаг, *2* — зажим, *3* — планки с гнездами, *4* — гильзы, *5* — четырехугольная рама, *6* — цилиндрическая коробка, *7* — защелка.

Гильзы со вставленными в них термометрами приводят в нужное положение (шариками термометров вниз) и в этом положении закрепляют защелкой *7*, связанной со спусковым рычагом *1*, находящимся на раме *5*. При ударе посыльного груза о спусковой рычаг защелка поднимается и освобождает гильзы. Под действием спиральной пружины, находящейся в цилиндрической коробке *6*, гильзы с термометрами приходят во вращение и термометры опрокидываются. Рама прикрепляется к тросу при помощи зажима *2*.

Раму с термометрами спускают в слои воды с различной температурой от —1,0 — (—1,5°) до наиболее высокой температуры, наблюдающейся в районе работ. Желательно иметь, по крайней мере, одно сравнение ниже 0° и два-три выше 0°. Температура воды в слоях погружения должна быть достаточно устойчивой, т. е. изменяться медленно (на 0,05—0,10° за 1—2 ч). Изменение температуры по вертикали около этих слоев должно происходить без резких скачков. Нужно всячески избегать погружения сравниваемых термометров в слой температурного скачка, потому что при разной температурной инерции термометров и неустойчивости температуры в слое скачка можно получить ненадежные результаты.

Термометры выдерживаются в каждом слое воды 15—20 мин, после этого опускают посыльный груз и опрокидывают термометры. Подняв раму с термометрами, производят первые отсчеты, затем выдерживают их в помещении с постоянной температурой до тех пор, пока окончательно не установятся показания вспомогательных термометров, и производят вторые отсчеты. Отсчеты следует делать очень тщательно.

В каждом слое производят не менее пяти сличений.

В показания надежных (контрольных) термометров вводят поправки (редукционные и инструментальные). Отбирают только те случаи, в которых расхождения между вторыми исправленными отсчетами контрольных термометров не превосходят 0,01°. Эти наблюдения и используют для сличения с показаниями испытываемых термометров.

В показания испытываемых термометров вводят только редукционные поправки и вычисляют затем разности между ними и исправленными показаниями контрольных термометров. Полученные разности и будут инструментальными поправками испытуемых термометров при данной температуре.

Наличие постоянного расхождения между поправками, полученными при сличении, с поправками, приведенными в сертификате, покажет на изменение положения точки 0°. Если это расхождение достаточно устойчиво, оно может быть принято в качестве добавочной поправки, что должно быть отмечено в сертификате.

Определение температурной инерции. Пользуясь приемом Н. Н. Зубова можно также определить температурную инерцию опрокидывающихся термометров. Для этого раму со вставленными в нее термометрами погружают в слой воды с относительно постоянной температурой. По истечении одной минуты опускают посыльный груз, поднимают раму с термометрами и делают первые отсчеты термометров. Выдержав термометры в помещении до тех пор, пока показания вспомогательных термометров окончательно не установятся, производят вторые отсчеты.

Эту операцию проделывают несколько раз, постепенно увеличивая время выдержки термометров (2, 3, 4 мин и т. д.) до тех пор пока все исследуемые термометры не станут давать при последующих погружениях те же отсчеты, что и в предыдущие. Тогда число минут выдержки термометров, после которого данный термометр стал показывать одну и ту же температуру с точностью до 0,01° (не менее двух-трех раз подряд), будет равно температурной инерции термометра с точностью до 1 мин.

Исправление глубоководного термометра. Во внутренней полости всякого термометра остается небольшое количество разряженного воздуха, который при положении термометра резервуаром вниз должен находиться в приемнике капилляра над столбиком ртути, причем вся нитка ртути в капилляре должна представлять собой одно целое.

В исправном термометре при перевертывании его из прямого состояния в опрокинутое ртуть должна легко обрываться

у глухого отростка (рис. 7.4, положения *1*, *2*). Остаточный воздух при этом должен остаться в приемнике и находиться под оторвавшимся столбиком ртути. При перевертывании термометра в прямое положение ртуть должна без особых усилий вытекать из приемника и соединяться с находящейся ниже ртутью, образуя одну сплошную нитку. От сильных резких толчков или от долгого хранения термометра в горизонтальном положении пузырек воздуха в термометре может переместиться из приемника в другие части капиллярной трубки. Это может вызвать неправильный разрыв ртути при перевертывании термометра, неправильное стекание ртути из приемника или, наконец, разрыв столбика ртути в капилляре. В некоторых случаях эти неисправности устраняются путем перевода пузырька воздуха в приемник.

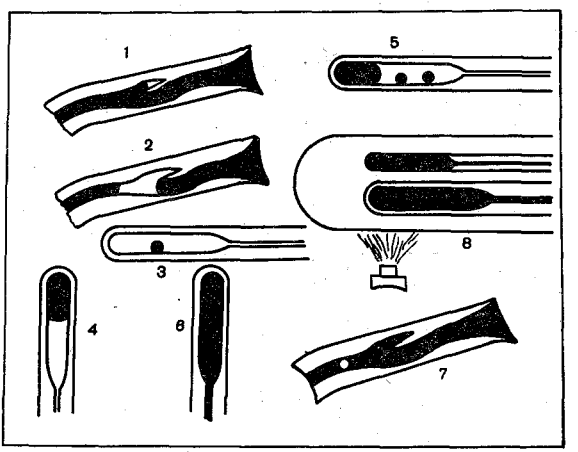


Рис. 7.4. Положение ртути в термометре, нормально действующем и неисправном.

Ниже рассматриваются случаи, когда эти неисправности термометра легко устранить.

1. При переворачивании термометра приемником вверх на стенках приемника остается одна или несколько капелек ртути (положение *3*). Для исправления термометра переворачивают его резервуаром вверх; ртуть, стекая в приемник, соединяется с капельками, оставшимися в приемнике. После этого переворачивают термометр снова, резервуаром вниз.

2. После приведения термометра в прямое положение (резервуар вниз) в приемнике остается часть ртути (положение *4*), которая не стекает вниз, несмотря на неоднократное перевертывание термометра. Это указывает на то, что пузырек воздуха находится в том месте приемника, в котором происходит обрыв ртути. Для устранения этой неисправности[1] термометр следует держать почти

[1] Этот способ предложил Г. Г. Уитни (Океанографический институт, Вудсхолл, США).

в горизонтальном положении, чтобы ртуть, оставшаяся в приемнике и вытекшая в капилляр, медленно сближалась. В момент их соединения (слияние ртути начинается снизу) пузырек воздуха вытесняется к верхней стенке приемника. Если после этого медленно выпрямлять термометр, отрыв ртути обычно произойдет в том месте, где ранее помещался пузырек воздуха, причем отрыв начнется возле верхней стенки. При отрыве силы сцепления ртути увлекут некоторое количество ртути из приемника и пузырек воздуха переместится к верхнему концу приемника. После нескольких повторений вся ртуть в приемнике присоединится к основной массе ртути, пузырек воздуха переместится к верхнему концу приемника и прибор будет работать нормально.

В некоторых случаях этот способ не приводит к удовлетворительному результату, тогда можно прибегнуть к следующему способу.

Резервуар термометра помещают в сосуд с водой и постепенно нагревают воду до тех пор, пока расширяющаяся ртуть, поднимаясь по капилляру, не войдет в приемник, затем берут термометр правой рукой и, держа его в наклонном положении резервуаром вниз, слегка ударяют о левую руку верхним концом термометра (где находится приемник капилляра). От этих ударов оставшаяся в приемнике ртуть разбивается на отдельные капельки (положение *5*) и присоединяется к ртути, вошедшей из капилляра в приемник. Не следует постукивать по термометру, когда он расположен резервуаром вертикально вниз, так как при этом вес ртутного столбика, оказывающего давление на сужение у отростка, вызовет образование мелких трещин в глухом отростке и выведет из строя термометр.

3. Когда термометр переворачивают резервуаром вниз, ртуть почти целиком заполняет приемник (положение *6*). Это означает, что пузырек воздуха попал в капилляр. Для исправления термометра осторожно и равномерно нагревают приемник капилляра (положение *8*) и добиваются того, что выходящая из приемника (вследствие нагревания) ртуть дойдет в капилляре до деления термометра —2° или несколько выше; после этого при переворачивании термометра резервуаром вниз ртуть обычно легко стекает в резервуар.

4. Пузырек воздуха переместился по капилляру к глухому отростку, вследствие чего отрыв ртути при переворачивании термометра происходит не у глухого отростка, а у пузырька воздуха (положение *7*). Так как пузырек воздуха можно переместить вдоль ртути только в петле или приемнике, то последовательно нагревают и охлаждают резервуар термометра, переворачивая термометр в разные положения, стремясь переместить пузырек воздуха все дальше и дальше от резервуара, пока он войдет в расширение. Последовательность операции при исправлении термометра такова: погружают резервуар термометра вертикально в лед или в очень холодную воду, для того чтобы пузырек воздуха переместился возможно ближе к глухому отростку. Затем, держа термометр

у петлеобразного изгиба возможно ближе к пузырьку воздуха, легким рывком опрокидывают термометр вокруг этой оси. При этом под действием центробежной силы произойдет отрыв ртути у пузырька. Ртуть, отрываясь от пузырька воздуха, стекает в приемник. Удерживая далее термометр в горизонтальном положении, осторожно нагревают резервуар термометра на очень малом огне градусов до 60 (при нагревании требуется чрезвычайная осторожность), при этом выступающая из резервуара ртуть передвигает впереди себя пузырек воздуха и заполняет петлю; когда ртуть заполнит всю петлю и покажется в капилляре, переворачивают термометр в прямое положение резервуаром вниз, вследствие чего ртуть сбегает из приемника и соединяется с ртутью, выступившей из петли; пузырек воздуха переходит при этом в капилляр. Повторяя указанные операции (охлаждение, нагревание и переворачивание) несколько раз, добиваются того, что пузырек перейдет в приемник капилляра, т. е. в нормальное положение.

Все перечисленные способы исправления термометров требуют большой осторожности. Практиковать их в судовой обстановке можно только в случае крайней необходимости. Исправлять термометры следует на берегу до начала работ.

После всякого рода исправлений термометра необходимо тщательно осмотреть с помощью лупы всю нитку ртути и произвести поверку точки нуля термометра.

Уход за глубоководными термометрами. Опрокидывающиеся термометры требуют очень осторожного обращения, иначе они через некоторое время начинают давать неправильные показания и могут быть приведены в полную негодность. Поэтому при наблюдениях и при хранении термометров необходимо тщательно соблюдать следующие правила.

1. Хранить термометры в вертикальном положении ртутным резервуаром вниз, в противном случае оторвавшийся столбик ртути будет долгое время находиться изолированным от общей массы ртути и в месте отрыва ртути может образоваться пленочка окислов, у которой в дальнейшем будет происходить отрыв. Если батометр с прикрепленными к нему термометрами нельзя держать в вертикальном положении, то термометры надо с батометра снять и хранить в ящике с гнёздами или в специальной стойке.

2. Хранить термометры в помещении с температурой выше 0°. Для перевозки термометров употребляются специальные ящики с гнездами. Во время перевозки термометры в ящиках должны находиться в вертикальном положении резервуарами вниз.

7.2. Лупа Нансена

Для отсчета термометра служит лупа Нансена (рис. 7.5). Она состоит из плосковыпуклой линзы, вставленной в оправу (трубку) *1*, которая в свою очередь вставлена во вторую трубку *4*. В наружной трубке имеется спиральный вырез *2* (в лупах нового образца вырез расположен вертикально), а на внутренней — штифт

3, входящий в вырез *2*. Наведение лупы на фокус достигается вращением трубки *1* (передвижением вверх и вниз). В нижней части лупы имеются ножки *5* с вырезом в виде угла. Лупа прикладывается ножками *5* к термометру против конца ртутного столбика. Ее следует установить на фокус заранее, чтобы не терять на это времени при отсчете.

Для отсчетов в темное время суток лупы нового образца (рис. 7.6) снабжены осветителями. Осветитель состоит из прикреп-

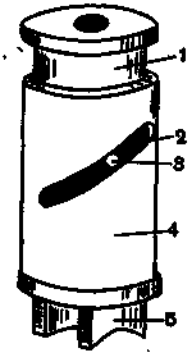


Рис. 7.5. Лупа Нансена.

1 — оправа, *2* — спиральный вырез, *3* — штифт, *4* — вторая трубка, *5* — ножки.

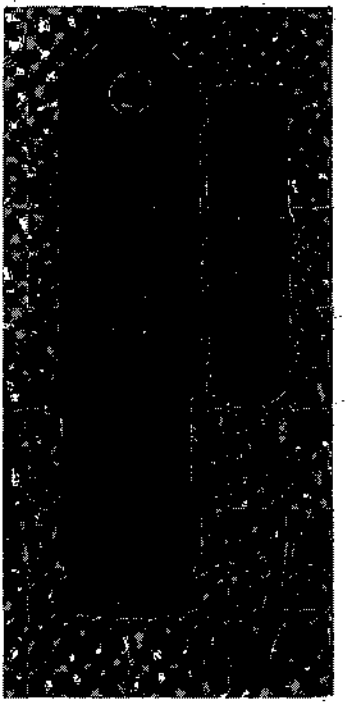


Рис. 7.6. Лупа с осветителем для отсчетов термометров.

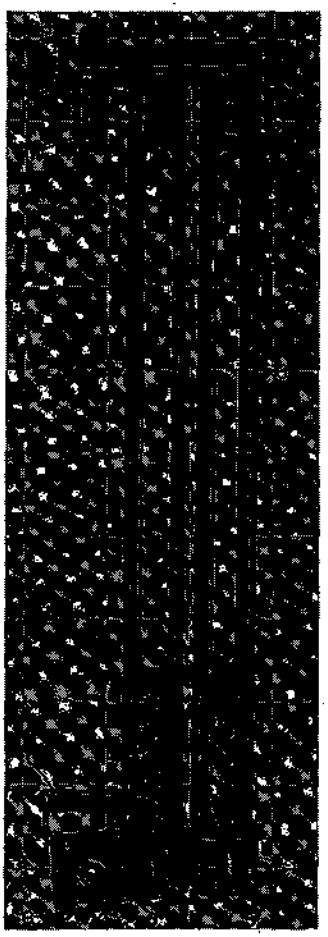
ленной к лупе трубочки, в которой вмонтированы лампочка и линза. Источником электроэнергии для лампочки служит батарейка от карманного фонаря.

После отсчета через лупу проверяют невооруженным глазом число целых градусов, так как просчеты именно в целых градусах происходят наиболее часто.

7.3. Рама для глубоководных опрокидывающихся термометров

Глубоководные опрокидывающиеся термометры, вставленные в специальные металлические гильзы (пеналы), обычно прикрепляются к батометру.

В практике экспедиционных работ наряду с обычными 2-пенальными рамами для глубоководных термометров и термоглубомеров получили широкое распространение 4-пенальные рамы. При измерении температуры воды без взятия проб для опускания термометров употребляются опрокидывающиеся рамы. В таких же рамах опускаются и термоглубомеры.



Существует несколько типов рам. Чаще всего употребляется рама РОТ-48 (рис. 7.7). Она состоит из двух гильз *2*, оба конца которых соединены обоймами *1*, зажимного и спускового устройств. Гильзы представляют собой латунные трубки с прорезями с двух сторон *3*, с рядом отверстий *4* на одном из концов гильзы, приходящихся против резервуара главного термометра. На нижней обойме против трубок имеются отверстия с нарезкой плотно завинчивающиеся пробками *5*. Через эти отверстия в трубки вставляются глубоководные термометры. Зажимное устройство, находящееся на нижней обойме рамы, состоит из пластинки с канавкой *9*, в которую входит трос, и прижимной пластинки *6*, которая при помощи барашка *7* зажимает трос. Над пластинкой находится рычаг *10* с крючком *8* для подвешивания посыльного груза для нижней рамы при опускании серии приборов. Спусковое устройство в верхней части рамы состоит из цилиндра *11*, прикрепленного

Рис. 7.7. Рама для опрокидывающихся термометров.

1 — обоймы спускового и зажимного устройства, *2* — гильзы, *3* — прорези, *4* — отверстия в гильзах, *5* — пробка, *6* — прижимная пластинка, *7* — барашек, *8* — крючок для подвешивания посыльного груза, *9* — пластинка с канавкой, *10* — рычаг, *11* — цилиндр, *12* — изогнутый стержень, *13* — штифт.

к обойме. В цилиндре имеется косая прорезь, в которую входит изогнутый стержень *12*, связанный со штифтом *13*, выдвигающимся вверх при помощи пружины, находящейся внутри цилиндра.

Прибор подвешивают к тросу с помощью зажимного устройства.

При монтировании термометра внутрь гильзы на верхнее и нижнее донышки вставляют прокладки из корковой пробки или мягкой резины. Прокладки должны быть такой толщины, чтобы термометр упирался своим верхним и нижним концом в пробки. На некотором расстоянии от обоих концов термометра во избежание

вращения его навертывается несколько витков изоляционной (электромонтажной) ленты с таким расчетом, чтобы термометр входил в гильзу с небольшим трением. При этом оставляют открытым место отрыва ртути и приемник с обозначением Vol. Вставлять термометр в гильзу следует очень осторожно, избегая резких сотрясений, слегка вращая термометр, так чтобы шкала термометра при окончательном закреплении в гильзе пришлась против прорезей. Описанными гильзами пользуются также и при монтаже термометров на батометрах. В этом случае к батометру прикрепляют две гильзы с термометрами.

7.4. Измерение температуры воды на глубинах

Глубоководные термометры прикрепляют к батометру или к раме и в таком виде погружают в воду на заданный горизонт. Термометры, прикрепляемые к батометру или раме, подбираются так, чтобы они имели, по возможности, близкие Vol и одинаковый ход поправок.

Приборы выдерживают на заданных глубинах в течение времени аккомодации; если инерция термометров неизвестна, то в течение 5 мин, считая с момента погружения на заданный горизонт самого верхнего прибора. По окончании выдержки спускают по тросу посыльный груз и, не отнимая от троса руки, убеждаются по ощущаемому рукой двойному удару у каждого батометра (рамы) и последующему сотрясению троса, что все посыльные грузы досигли цели и батометры (рамы) с укрепленными на них термометрами перевернулись. Затем поднимают приборы на палубу и делают первый отсчет температуры.

Отсчет по термометру производят дважды. Первый отсчет делают сразу после извлечения приборов из воды; он служит для предварительной ориентировки и для суждения о степени надежности показаний термометра.

При первом отсчете быстро протирают термометры полотенцем и производят через лупу отсчет сначала по левому вспомогательному и левому основному термометрам, затем по правому вспомогательному и правому основному термометрам. При этом рекомендуется сперва невооруженным глазом заметить конец столбика ртути, а затем уже, приложив лупу, произвести отсчет вспомогательного термометра с точностью до 0,1°, а основного — до 0,01°. Сначала отсчитывают сотые и десятые доли градусов, а затем целые.

Второй отсчет производят по окончании взятия проб из всей серии поднятых на палубу батометров (рам), но не раньше, чем через 5 мин после момента поднятия прибора, чтобы оторвавшийся столбик ртути основного и столбик ртути вспомогательного термометров приняли температуру окружающего воздуха. Второй отсчет считается окончательным и принимается для последующей обработки. В случае возникших сомнений в правильности второго отсчета, его необходимо повторить. При этом нужно следить за тем,

чтобы при увеличении отсчета по вспомогательному термометру во время второго отсчета отсчет по основному термометру тоже должен увеличиться и наоборот. Установленные в батометре (раме) парные термометры должны давать очень близкие между собой показания; исправленные температуры по обоим термометрам не должны разниться более чем на 0,05°.

Отсчеты термометров записываются простым карандашом в книжку для записи наблюдений. При этом необходимо придерживаться следующего порядка записи: против заранее внесенных в книжку номеров термометров записывают отсчет по левому, а затем по правому термометру. После этого просматривают сделанные записи и, если нет сомнений в их правильности, приступают к другим наблюдениям.

Так как опрокидывающиеся термометры позволяют производить отсчет с точностью до сотых долей градуса, то, если ртуть остановилась точно против одного из делений, надо на месте сотых долей записать нули. Это указывает на то, что в данном случае сотые градуса приняты во внимание, например ртуть в термометре остановилась на 3,2° — записываются 3,20°.

7.5. Запись и обработка показаний глубоководных термометров

Первичная обработка наблюдений за температурой воды, проведенных при помощи глубоководного термометра, заключается: 1) во введении инструментальных поправок в показания основного и вспомогательного термометров; 2) в вычислении и введении в отсчет основного термометра редукционной поправки K на изменение объема оторвавшегося столбика ртути и 3) в вычислении истинной температуры воды на данной глубине.

Обработку ведут в книжке для записи глубоководных гидрологических наблюдений КГМ-6 или, если наблюдения записаны в Палубном листе для записи отсчетов термометров и проб моркой воды, в Журнале обработки наблюдений глубоководными термометрами и термоглубомерами. Форма записи и обработки в книжке КГМ-6 приведена в табл. 7.1.

Введение инструментальных поправок. Инструментальные поправки для опрокидывающегося термометра приводятся в прилагаемых к термометрам сертификатах. Поправки даются только для нескольких определенных точек термометра (поправки «при»). Для промежуточных температур поправки находятся путем интерполяции. Чтобы избавиться от необходимости интерполировать, рекомендуется составить таблицу поправок и пределов, в которых каждая из них должна применяться (поправки при температуре «от—до»).

Пересчет поправок «при» в поправки «от—до» можно произвести при помощи номограмм [170], но проще это делать графическим способом. Для этого поступают следующим образом: на миллиметровой бумаге, где по оси абсцисс отложена температура

в масштабе 1°=1 см, а по оси ординат — поправки в масштабе 0,01°=1 см, наносят точки, соответствующие поправкам, приведенным в сертификате термометра. Полученные точки соединяют плавной кривой. От каждого значения поправки на 5 мм вверх и вниз проводят тонкие линии, параллельные оси абсцисс. Эти линии пересекут кривую в точках соответствующих температуре «от—до». С этого графика снимают поправки в сотых долях градуса.

Пример. В сертификате глубоководного термометра № 1350 указаны:

Температура, °С	—2	0	4	8	12	16	20
Поправка, °С	0,00	—0,02	—0,01	—0,01	0,02	0,00	0,02

На рис. 7.8 приведена кривая, соответствующая указанному примеру, а ниже дается таблица поправок при температуре «от—до» для глубоководного термометра № 1350:

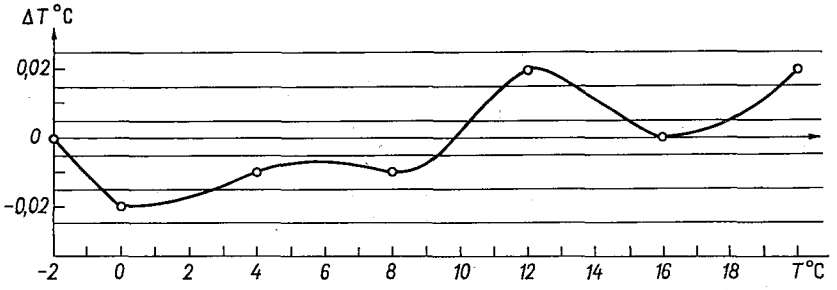


Рис. 7.8. График поправок глубоководного термометра № 1350

Температура, °С		Поправка	Температура, °С		Поправка
от	до		от	до	
—2,0	—1,6	0	10,4	11,3	0,01
—1,5	—0,6	—0,01	11,4	13,6	0,02
—0,5	2,8	—0,02	13,7	15,0	0,01
2,9	9,3	—0,01	15,1	17,8	0,00
9,4	10,3	0,00	17,9	19,4	0,01
			19,5	20,0	0,02

Найденные тем или иным способом поправки алгебраически прибавляются ко вторым отсчетам основного и вспомогательного термометров.

Определение редукционных поправок. 1. Редукционные поправки K выбираются из табл. 1 «Океанологических таблиц» Н. Н. Зубова (1957) или «Океанографических таблиц» (1975). В этих таблицах редукционные поправки вычислены по формуле

$$K=\frac{(T-t)(T+V_0)}{n}\left(1+\frac{T+V_0}{n}\right), \qquad (7.1)$$

где T — температура по основному (главному) термометру; t — температура по вспомогательному термометру; V_0 — объем ртути

Образец записи и обработки в книжке КГМ-6

Разрез *№ 1.* Станция *№ 10.* Пояс *9.*

Число *21.* Месяц *10.* Год *1972.* Начало *06 ч 45 мин.* Конец *07 ч 23 мин.*

Координаты *29° 00′ с. ш., 130° 00′ в. д.* Измеренная глубина *800 м.*

Угол наклона троса *25°.* Исправленная глубина *800 м.*

Грунт ———. Прозрачность *30 м.* Цвет *2.*

Время наблюдений гринвичское		Заданная глубина, м	Угол наклона троса, °	Длина вытравленного троса, м	Истинная глубина, м	№ батометра	№ термометра	Vol при 0°	Отсчеты термометров, °С				Инструментальные поправки к 2-му отсчету, °С	
									1-й		2-й			
ч	мин								вспомогательный	основной	вспомогательный	основной	вспомогательный	основной
							левый / правый	левый / правый	левый / правый				левый / правый	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
07	05	150	10	165	141	8	19 238	119	24,8	20,60	25,1	20,60	—0,1	—0,06
							9 957	109	24,8	20,60	25,2	20,61	—0,1	—0,02
		200		220	186	9	17 605	136	24,5	19,30	25,0	19,30	0,0	—0,02
							2 658	108	24,5	19,28	24,9	19,28	0,0	—0,02
07	05	250	10	275	232	10	2 518	93	24,3	18,49	24,6	18,50	0,1	0,00
							3 182	100	24,3	18,42	24,6	18,44	0,1	0,08
		Термоглубомеры												
07	05	250	10	275	232	10	5 793	107	24,4	20,80	24,9	20,81	0,0	0,01
							5 796	112	24,7	21,00	25,0	21,01	0,0	0,00

Таблица 7.1

глубоководных гидрологических наблюдений

Время наблюдений *06 ч 00 мин.* Ветер: направление *310°*, скорость *10,4 м/с.* Температура воздуха *25,1°.* Влажность: абс. *25,9 мбар*, отн. *81%*. Давление *1012,1 мбар.* Облачность: количество *8/6*, формы ——.

Солнечное сияние——. Атмосферные явления —— видимость *8 б.* Волнение: высота *1,5 м*, тип *з/вв*, направление *12/31*, период *07 с*, длина *60 м.*

Погода *(ww)01.* Лед: вид——, формы——, густота ——, количество ——.

Кромка: направление—— , расстояние——

Исправленный 2-й отсчет, °С		Редукционные поправки к 2-му отсчету, °С			Истинная температура, °С	Принятая температура, °С	№ проб				Примечание
							термоглубомеры				
вспомогательный	основной	$t-T$	$T+V_t$	K			Cl	O_2	pH		
левый / правый		левый / правый			левый / правый						
16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27
25,0	*20,54*	*4,46*	*139,54*	*—0,10*	*20,44*	*20,46*	*18*	*34*	*14*		
25,1	*20,59*	*4,51*	*129,59*	*—0,10*	*20,49*						
25,0	*19,28*	*5,72*	*155,28*	*—0,15*	*19,13*	*19,14*	*19*	*35*	*15*		
24,9	*19,26*	*5,64*	*127,26*	*—0,11*	*19,15*						
24,7	*18,50*	*6,20*	*111,50*	*—0,11*	*18,39*	*18,40*	*20*	*36*	*16*		
24,7	*18,52*	*6,18*	*118,52*	*—0,12*	*18,40*						
24,9	*20,82*	*—6,5*	*128*	*—0,13*	*20,69*	*18,40*	*2,29*	*231*	*232*		
25,0	*21,01*	*—6,6*	*133*	*—0,14*	*20,87*		*2,47*	*234*			

в верхнем расширении основного термометра до деления 0°, выраженный в делениях шкалы термометра, т. е. в градусах (Vol); $\frac{1}{n}$ — относительный объемный коэффициент расширения ртути и стекла термометра[1].

Аргументами в этой таблице служат разность $(T-t)$ и сумма $(T+V_0)$. Редукционные поправки K приведены с точностью до 0,01°. Перед определением редукционных поправок следует в показания основного и вспомогательного термометров ввести инструментальные поправки[2].

Знак редукционной поправки одинаков со знаком разности $(T-t)$, т. е. если показание основного термометра выше, чем вспомогательного, то редукционная поправка будет положительной и ее следует прибавить к исправленному инструментальной поправкой отсчету основного термометра; если показание основного термометра ниже, чем вспомогательного, то редукционная поправка будет отрицательной и ее надо вычесть из отсчета основного термометра.

2. При большом числе обрабатываемых отсчетов температур определение редукционных поправок при помощи таблиц представляет трудоемкую работу. Удобнее в этих случаях находить редукционные поправки графическим способом. Для этой цели можно пользоваться графиками, составленными для каждого термометра отдельно (индивидуальный график). Нахождение поправок при его помощи не требует предварительного определения $(T-t)$ и $(T+V_0)$; нет также необходимости вводить в отсчеты инструментальные поправки, так как последние уже учтены при составлении графика. Другими словами, график дает возможность вычислить общую поправку по непосредственным отсчетам данного термометра.

Один из способов построения индивидуальных графиков суммарных поправок для обработки показаний глубоководных термометров предложен Е. Е. Антоновым.

Способ основан на применении графического вычитания для получения редукционной поправки K, для этого формулу (7.1) преобразуем к виду

$$K = AT - At, \tag{7.2}$$

где

$$A = \frac{T+V_0}{n}\left(1+\frac{T+V_0}{n}\right).$$

---

[1] Таблица 1 «Океанологических таблиц» вычислена для $n=6300$. При других значениях n необходимо к редукционной поправке прибавить величину ΔK, взятую из табл. 3 «Океанологических таблиц».

Пример: $n=6200$; $K=0{,}71$; $\Delta n=6300-6200=100$.

Поправка по табл. 1: $K=0{,}71°$, из табл. 3 $\Delta K=0{,}011°$, исправленная поправка 0,72°.

[2] Редукционные поправки, так же как и инструментальные, вводятся только во вторые отсчеты термометров, за исключением тех случаев, когда расхождение между исправленными вторыми отсчетами левого и правого термометров превосходит 0,05°С; в этих случаях поправки вводятся и в первые отсчеты.

При построении индивидуальных графиков применяется номограмма, которая строится при помощи табл. 1 приложения 8. В таблице приведены значения величины At для значений $(T+V_0)$, равных 80, 100, 120, 150, 180°, от $t=0$ до $t=30°$ через один градус. При построении номограммы на миллиметровке по оси ординат откладывают значения At в масштабе 1 см=0,02°. По оси абсцисс откладывают $(T+V_0)$ в масштабе 1 см=2°. Значения K для одинаковых температур вспомогательного термометра соединяются линиями и подписываются. Номограмма, представляющая собой веер расходящихся лучей, переснимается на кальку для дальнейшего ее использования.

Индивидуальные графики строятся в масштабе: по оси ординат (суммарная поправка) 1 см=0,02°, по оси абсцисс (температура по основному термометру) 1 см=1°. Нулевая поправка смещена к верхнему краю графика, так как разность $(T-t)$ в формуле (7.1) обычно отрицательная, следовательно, в целях уменьшения формата листа индивидуального графика целесообразно ограничить шкалу положительных поправок.

На бланках индивидуальных графиков наносятся инструментальные поправки из тарировочных свидетельств (поправки «при», рис. 7.8). Номограмма накладывается на индивидуальный график так, чтобы через точку, соответствующую инструментальной поправке основного термометра, проходила линия температуры вспомогательного термометра t, равной той же температуре, которой соответствует поправка. Вертикальная линия номограммы $(T+V_0)$ должна совпадать с вертикальной линией температуры основного термометра T на индивидуальном графике. Точки пересечения линий $(T+V_0)$ и t накалываются иглой на график. Подобной операцией достигают разности $(AT-At)$ в сумме с инструментальной поправкой. Таким образом, точки наколки являются значениями суммарной поправки к показаниям основного термометра для температуры вспомогательного термометра от 0 до 30° при фиксированном значении T и V_0.

Так поступают для всех температур, по которым в сертификате приведены инструментальные поправки. Затем точки одинаковых t соединяются линиями и подписываются.

Вход в график производится по вторым отсчетам температуры основного и вспомогательного термометров. Значение поправки снимается на оси ординат.

Для более точного определения суммарной поправки к показаниям основного термометра при входе в график в показания вспомогательного термометра вводятся инструментальные поправки, которые расписываются для температуры «от—до» в углу графика. Точность снятия поправок с графика равна 0,01°С. Вид индивидуального графика представлен на рис. 7.9.

Имея ряд достоинств, индивидуальные графики обладают тем большим недостатком, что их приходится строить в отдельности для каждого термометра. Если термометр выходит из строя или

изменяются его инструментальные поправки, график нельзя больше использовать.

В. В. Тимонов предложил строить графики таким образом, чтобы один и тот же график мог быть использован для термомет-

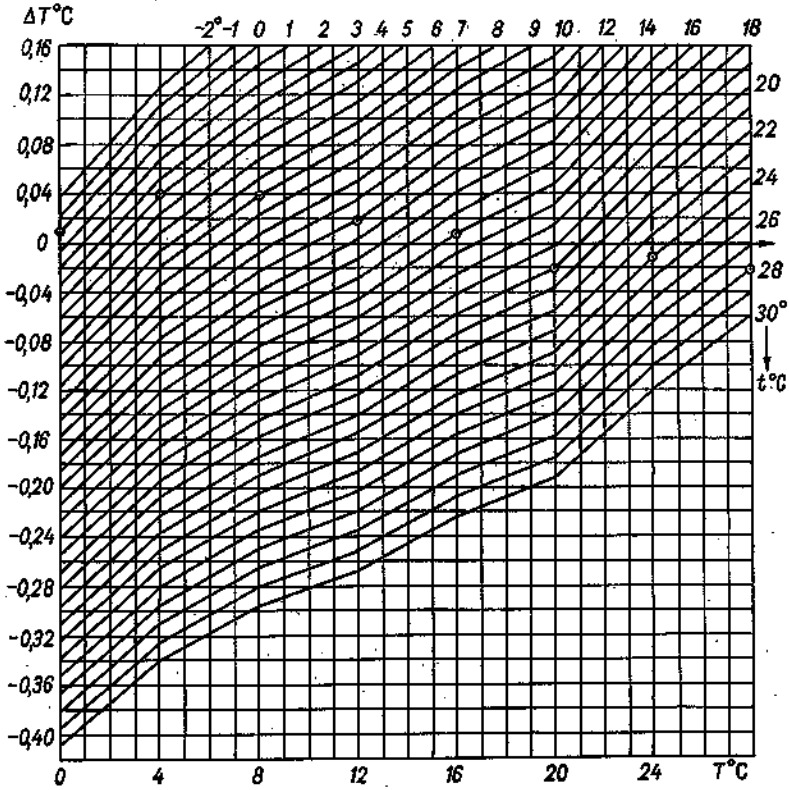


Рис. 7.9. Индивидуальный график суммарных поправок глубоководного термометра. № 1159, Vol-88°.

T — температура по основному термометру, *t* — температура по вспомогательному термометру, Δ*t* — поправка вспомогательного термометра, Δ*T* — суммарная поправка.

Поправка вспомогательного термометра при температуре «от» — «до»

T°C		Δ*t*°C	*T*°C		Δ*t*°C
от	до		от	до	
−20,0	+5,0	0,0	+25,1	+35,0	0,1
+5,1	+15,0	+0,1	+33,1	+0,0	0,0
+15,1	+25,0	0,2			

ров с различными инструментальными поправками и с Vol, отличающимися между собой не более чем на 10°. По этому методу график строится не для сумм инструментальных и редукционных поправок термометров, а только для последних.

Л. Г. Комиссаровым [82] в Ленинградском отделении Государственного океанографического института составлен альбом графиков редукционных поправок к глубоководным термометрам. Графики построены по способу, предложенному В. В. Тимоновым, при помощи таблиц, вычисленных по формуле Хидака[1] [9].

Альбом содержит комплект из 10 графиков (от Vol=60 до Vol=159°). Каждый график вычислен для интервала Vol через 10°. На график по оси абсцисс отложены значения T от —2 до 30°, а по оси ординат значения t также от —2 до 30°. Редукционные поправки вычислены для $n=6100$. Выпускаемые глубоководные термометры изготовляются из стекла, у которого $n=6300$. Поэтому к редукционным поправкам K, взятым из альбома, следует ввести поправки ΔK, взятые из табл. 3 «Океанологических таблиц» Зубова. Значения ΔK, превышающие 0,01°, соответствуют K, превосходящим 0,3°, поэтому при малых значениях K поправки ΔK вводить не следует.

Пользуются этими графиками так: находят полосу между изолиниями K, в которой находится точка пересечения наблюденных температур T и t, исправленных инструментальными поправками. Величина K, указанная в данной полосе, и является искомой редукционной поправкой. Если точка попадает на линию, разделяющую интервалы, то следует брать четное значение поправки.

Пример

№ термометра	Vol °C	Отсчеты термометров, °C				Инструментальные поправки, °C		Редукционные поправки, °C	Исправленные отсчеты, °C
		1-й		2-й		вспомогательный термометр	основной термометр	2-й отсчет	2-й отсчет
		t	T	t	T				
21 275	125	2,4	1,50	2,6	1,51	0,0	—0,02	—0,02	1,47

Кроме вышеуказанных графиков редукционных поправок, применяются также номограммы Б. М. Гаценко [26] и Л. М. Дубровина [38]. Первые нашли применение в работах Дальневосточного научно-исследовательского гидрометеорологического института, вторые — в работах Арктического и Антарктического научно-исследовательского института и полярных обсерваторий.

Редукционные поправки можно вычислять также при помощи специальных линеек. В Арктическом и Антарктическом научно-

[1] Формула Хидака имеет вид

$$K = \frac{(1+V_0)(t-T)}{n-(T+V_0)-(t-T)}.$$

Приведенная расчетная формула получается путем решения этого уравнения относительно t.

исследовательском институте В. С. Денисовым [35] предложена линейка, предназначенная для работ в полярных и умеренных широтах, где температура воды не превышает 15°. В Морском гидрофизическом институте АН УССР применяется круговая линейка для расчета редукционных поправок глубоководных опрокидывающихся термометров и термоглубомеров, предложенная А. С. Васильевым [15].

Вывод окончательной температуры. Как было указано выше, измерения температуры воды на глубине выполняются двумя термометрами, прикрепленными к батометру. После подъема батометра по каждому термометру производят по два отсчета. По этим вторым отсчетам и выводится окончательная (принятая) температура, первый же отсчет при выводе окончательной температуры не принимается во внимание. Если исправленные отсчеты обоих термометров разнятся не более чем на 0,05°, их следует арифметически осреднять. Полученная средняя и будет окончательной (принятой) температурой.

Если разница между исправленными показаниями обоих термометров превышает 0,05°, то путем просмотра первых[1] и вторых отсчетов этой пары термометров выявляют менее надежные показания одного из них и не учитывают их при выводе окончательной температуры, а за окончательную температуру принимают второй отсчет более надежного термометра. Для выявления более надежного термометра проверяют, какой из двух термометров дает в большинстве случаев менее правильные показания (их приходится браковать); строят график вертикального распределения температуры и выбирают из двух показаний то, которое обеспечивает более правильный ход кривой; при работах на многосуточной станции сравнивают оба показания с данными предыдущей и последующей серий. Когда отдать предпочтение тому или другому термометру затруднительно, за окончательную температуру принимают показания того термометра, исправленные отсчеты по которому более согласуются с вертикальным распределением температуры, сравнивая их с данными на вышележащих горизонтах.

Температура воды, принятая только по одному термометру, отмечается звездочкой (например +2,28*) и сопровождается пояснением.

Если не удается установить большую надежность одного из термометров, записывают отдельно окончательные температуры по каждому термометру, ставя рядом знак вопроса.

В табл. 7.1 приведен пример записи и обработки наблюдений и определения окончательной (принятой) температуры. Следует указать, что в графы 1 и 2 записывают время пуска посыльного грузика, в графу 5 — длину вытравленного троса, в графу 6 — истинную глубину, вычисленную по данным термометров — глубомеров (см. гл. 6), а при отсутствии их — по углу наклона троса.

---

[1] В этом случае следует ввести поправки в первый отсчет.

При вычислении редукционных поправок табличным способом в графы 18 и 19 записывают значение $(T-t)$ и $(T+V_0)$ глубоководных термометров. Графы 23, 24 и 25 предназначены для записи номеров проб воды при работах с глубоководными термометрами и величин Δt, α_m и β при работах с термометрами-глубомерами.

7.6. Обработка показаний термометра-глубомера ТГМ

Табличный способ введения редукционных поправок. Обработка наблюдений по термометру-глубомеру производится следующим образом:

1) вычисляют по глубоководному термометру, погруженному в море вместе с термоглубомером, истинную температуру воды на горизонте наблюдения;

2) в показания основного и вспомогательного термометров, термоглубомера вводят инструментальные поправки;

3) к исправленному инструментальными поправками показанию основного термометра термоглубомера вводят редукционную поправку. Редукционные поправки приведены в табл. 2 [51], их определяют по разности T_w-t и по сумме $T+V_0$, где T_w — температура воды (исправленный отсчет глубоководного термометра, погруженного в море с термоглубомером), t — исправленное показание вспомогательного термометра термоглубомера, T — исправленное показание основного термометра термоглубомера, V_0 — объем отрывающегося столбика ртути до деления 0° основного термометра термоглубомера.

Значения T_w-t приведены в табл. 2 через каждый градус, значения $T+V_0$ через каждые 10°. На пересечении соответствующего столбца и строки находят редукционную поправку. Знак поправки совпадает со знаком разности T_w-t.

Графические способы введения редукционных поправок. Введение редукционных поправок при помощи «Океанологических таблиц» связано с утомительной трехкратной интерполяцией, поэтому целесообразно вместо таблиц пользоваться графиком редукционных поправок. График редукционных поправок строят при помощи табл. 2 приложения 8. В этой таблице приведены величины T_w-t, соответствующие поправкам K, отличающимся друг от друга на 0,01°, например, 0,015, 0,025, 0,035°... для значений $T+V_0$, равных 140, 200, 250 и 300°. График строят следующим образом. На миллиметровой бумаге, где по оси абсцисс отложены значения T_w-t, а по оси ординат — значения $T+V_0$ (рис. 7.10), откладывают величины K по значениям T_w-t и $T+V_0$, приведенным в приложении 8 табл. 2. Около каждой точки ставят цифру, соответствующую отложенному значению K. Получив таким образом поле величин K, соединяют изолиниями одинаковые их значения. Рекомендуемый масштаб: по оси абсцисс — 1° в 1 см; по оси ординат — 10° в 1 см. Интервал между двумя изолиниями отмечают средним значением поправок, соответствующим этим

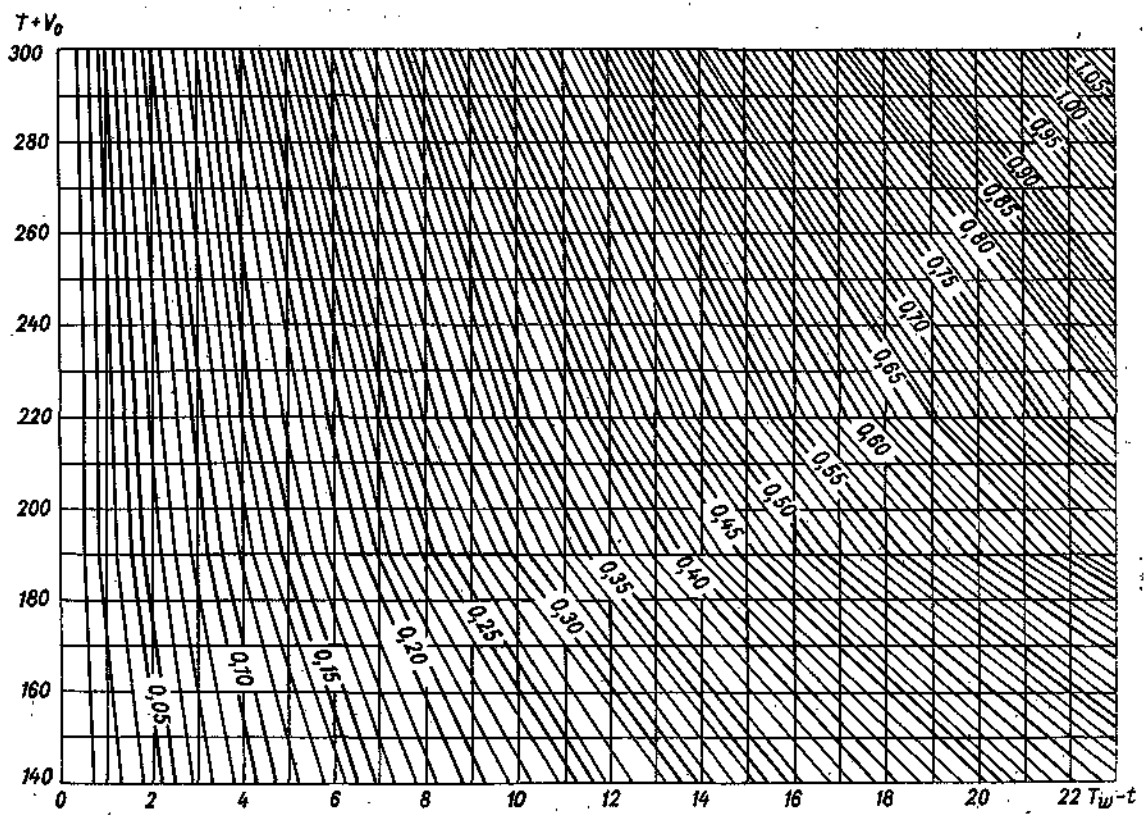


Рис. 7.10. График редукционных поправок к термометру-глубомеру.

изолиниям, округленным до сотых долей градуса. Например, интервал между 0,015 и 0,025 отмечается 0,02; интервал между 0,125 и 0,135—0,13.

Поправки по этому способу находят следующим образом: вычисляют величины $T_w - t$ и $T + V_0$ и определяют интервал между изолиниями, в котором находится точка пересечения найденных $T_w - t$ и $T + V_0$. Значение, указанное в данной полоске, и является искомой поправкой K. Знак поправки одинаков со знаком $T_w - t$.

Кроме указанного способа, применяются также графические методы введения редукционных поправок, разработанные в Институте океанологии АН СССР [117] и в Дальневосточном научно-исследовательском гидрометеорологическом институте [26].

Метод введения суммарных поправок (редукционная плюс инструментальная поправки) к показаниям термоглубомеров, с применением индивидуальных графиков, предложен Егорихиным В. Д.

При построении индивидуальных графиков используется номограмма, которая готовится при помощи табл. 3 приложения 8. В этой таблице приведены редукционные поправки K, рассчитанные по формуле

$$K = \frac{(T_w - t)(T + V_0)}{n}\left(1 + \frac{T_w - t}{2n}\right), \qquad (7.3)$$

для значений $(T + V_0)$, равных 70, 100, 140, 200, 250°, и $(T_w - t)$ от 0 до 25°. На миллиметровке по оси ординат откладывают K в масштабе 1 см = 0,02°, по оси абсцисс $(T + V_0)$ в масштабе 1 см = = 2°. Точки, соответствующие редукционным поправкам для равных значений $(T_w - t)$ соединяются и подписываются от 0 до 25°.

На индивидуальном графике суммарных поправок (рис. 7.11), пользуясь тем, что при $T_w = t$, $K = 0$ и поправка равна инструментальной, наносят ее на график в масштабе 1 см = 0,02° по оси ординат соответственно температуре T из тарировочного свидетельства термоглубомера. Температуру T располагают по оси абсцисс (в масштабе 1 см = 1°). К каждой нанесенной точке прикладывают номограмму, предварительно переснятую на кальку, таким образом, чтобы на эту точку приходилось пересечение линии $(T_w - t)$ с соответствующей линией $(T + V_0)$. Значения $(T + V_0)$ направляют по линии T.

Далее построение графика сводится к простому накалыванию точек пересечения $(T_w - t)$ с $(T + V_0)$ и соединению линиями одинаковых по значению точек $(T_w - t)$.

Вниз по линии инструментальных поправок, т. е. $(T_w - t) = 0$, располагают отрицательные разности температур, вверх — положительные. График строится в необходимых для работы диапазонах.

Вход в график производится по величине T термометра-глубомера и разности $(T_w - t)$, значения поправки снимаются по оси

ординат. Для более точного определения суммарной поправки, в значения разности $T_w - t$ вносится при входе инструментальная поправка вспомогательного термометра, соответствующая вели-

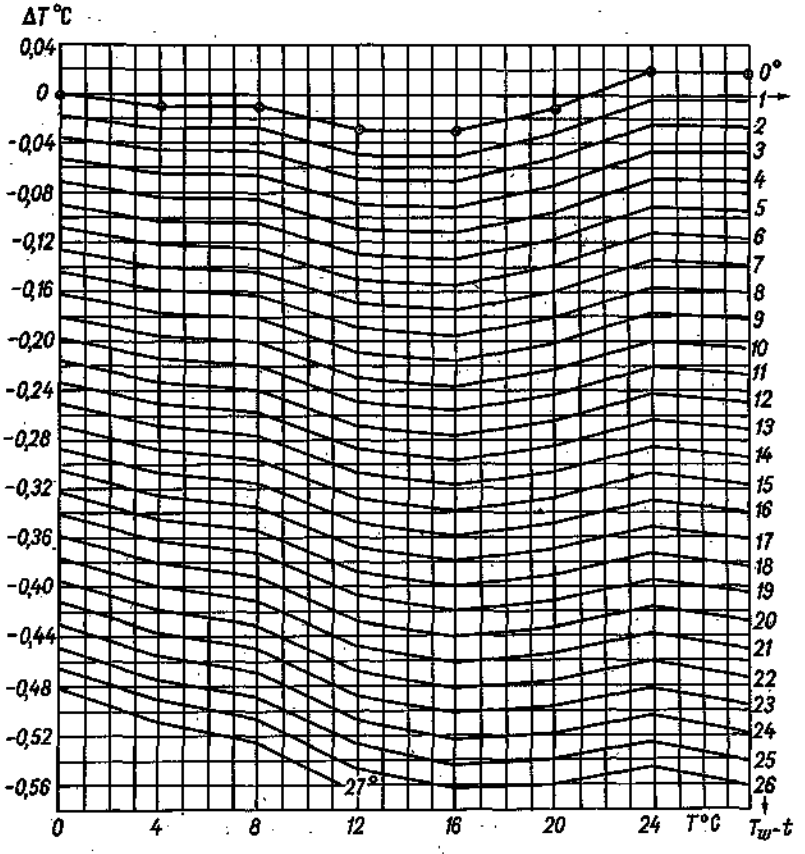


Рис. 7.11. Индивидуальный график суммарных поправок термоглубомера № 5796, Vol=112°C β=0,1030.

T — температура по основному термометру термоглубомера, T_w — температура по глубоководному термометру, t — температура вспомогательного термометра, ΔT — суммарная поправка, Δt — поправка вспомогательного термометра.

Поправка вспомогательного термометра при температуре «от — «до»

T°C		Δt°C
от	до	
−10,0	+40,0	0,0

чине t. Поправки удобно расписать в виде «от—до» прямо на графике.

Точность определения поправки 0,01°. Вид графика приведен на рис. 7.11.

7.7. Определение глубины погружения термометра-глубомера

Глубина погружения термометра-глубомера вычисляется по формуле

$$H=\frac{10\alpha_m \Delta t}{\beta}, \qquad (7.4)$$

где H — глубина погружения; $\Delta t=T-T_w$ — разность исправленных температур по термоглубомеру и глубоководному термометру; β — коэффициент давления термометра-глубомера, приведенный в свидетельстве прибора; α_m — средний удельный объем воды от поверхности моря до данной глубины, исправленный на сжимаемость.

Можно также для определения глубины погружения термоглубомера найти в табл. 4 «Океанологических таблиц» [51] по разности отсчетов Δt и коэффициенту давления β множитель K, который умножают на α_m и получают глубину погружения термоглубомера $H=K\alpha_m$.

Для определения α_m поступают следующим образом.

1. По температуре и солености воды находят условный удельный объем v для каждого горизонта по табл. 11 из [51], или по графикам условного удельного объема из [52]. К полученной величине прибавляют поправки удельного объема на давление δ_p [1] (табл. 15 «Океанологических таблиц»), удельного объема на температуру и давление δ_{tp} (табл. 16), удельного объема на соленость и давление δ_{sp} (табл. 17), удельного объема на температуру, соленость и давление δ_{stp} (табл. 18). Аргументом для входа в табл. 17 служит давление в децибарах, практически численно равное глубине в метрах. Исправленый условный удельный объем на заданном горизонте равен

$$v_{stp}=v_t+\delta_p+\delta_{tp}+\delta_{sp}+\delta_{stp}.$$

По найденному значению условного удельного объема v_{stp} получают удельный объем α.

Пример. Заданная глубина 100 м; $t=1{,}2°C$; $S=34{,}3‰$; $v_t=73{,}25$; $\delta_p=-0{,}45$; $\delta_{tp}=0$; $\delta_{sp}=0$; $\delta_{stp}=72{,}80$; удельный объем $\alpha=0{,}97280$.

2. Находят среднее взвешенное значение удельного объема от поверхности до требуемого горизонта, для этого обычным способом находят средние удельные объемы α_m для каждого слоя, как среднее арифметическое из значений удельного объема для двух соседних горизонтов; найденные средние α_m умножают на толщину слоя h_i между горизонтами, для которых они вычислены; получен-

---

[1] В табл. 15—18 [51, 139] значения δ_p, δ_{tp}, δ_{sp}, δ_{stp} в целях экономии места умножены не на 10^3, как требуется, а на 10^5; поэтому выбранные из таблиц поправки следует разделить на 100.

Таблица 7.2

Пример вычисления средних удельных объемов по слоям между стандартными горизонтами

Глубина, м	$T°$	$S°/_{00}$	v_t	δ_p	v_{pts}	α	h_i	α_{m_i}	$\alpha_{m_i} \cdot h_i$	$\Sigma \alpha_{m_i} h_i$	α_m
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
0	1,76	25,99	79,62	0,00	79,62	0,9796					
							5	0,9794	4,897	4,897	
5	1,84	26,60	79,14	—0,02	79,12	0,9791					
							5	0,9790	4,895	9,792	
10	2,04	26,73	79,07	—0,04	79,03	0,9790					
							5	0,9790	4,895	14,687	
15	2,20	26,87	78,96	—0,06	78,90	0,9789					
							5	0,9788	4,894	19,581	
20	2,50	27,02	78,87	—0,09	78,78	0,9788					
							5	0,9786	4,893	24,474	0,979
25	3,07	27,55	78,49	—0,11	78,38	0,9784					
							10	0,9782	9,782	34,856	0,979
35	3,15	28,01	78,16	—0,14	78,03	0,9780					
							15	0,9776	14,66	48,916	0,978
50	3,22	28,82	77,55	—0,22	77,33	0,9773					
							25	0,9772	24,43	73,346	0,978
75	1,66	28,84	77,43	—0,34	77,09	0,9771					
							25	0,9770	24,42	97,766	0,978
100	0,44	29,04	77,21	—0,45	76,76	0,9768					
							50	0,9763	48,81	146,576	0,977
150	0,39	30,00	76,48	—0,67	75,81	0,7958					
							50	0,9752	48,76	195,336	0,977
200	0,31	31,20	75,56	—0,90	74,66	0,9747					
							50	0,9744	48,72	244,056	0,976
250	0,41	31,75	75,12	—1,12	74,00	0,9740					
							50	0,9737	48,69	292,746	0,976
300	0,55	32,30	74,73	—1,35	73,38	0,9734					
							100	0,9728	97,28	390,026	0,975
400	0,80	33,40	73,90	—1,80	72,10	0,9721					
							100	0,9716	97,16	487,186	0,974
500	1,05	34,30	73,23	—2,24	70,99	0,9710					

ные произведения складывают и сумму делят на конечную глубину

$$\alpha_m = \frac{\alpha_{m_1} h_1 + \alpha_{m_2} h_2 + \alpha_{m_3} h_3 + \ldots + \alpha_{m_n} h_n}{h}. \qquad (7.5)$$

Вычисления производят с точностью до 0,001. Порядок вычисления α_m для стандартных горизонтов показан в табл. 7.2. Глубина станции 500 м, значения температуры и солености воды приведены в графах 2 и 3, в графе 4 приведены значения условного удельного объема v_t на стандартных горизонтах, в графе 5 — значения δ_p, в графе 6 — значения v_{pts}, в графе 7 — значения α, а в графе 8 — толщина слоя h_i, в графе 9 — значения среднего удельного объема для слоя α_m, в графе 10 — значения $\alpha_{mi} h_i$, в графе 11 — сумма произведений $\alpha_{mi} h_i$ до данного горизонта, в графе 12 — значения среднего удельного объема α_m от поверхности до данного стандартного горизонта.

Для удобства пользования составляют таблицу, в которой указываются значения α_m (с точностью до 0,001) и пределы глубин, в которых применяется каждое значение α_m. Эта таблица в особенности облегчает определение α_m, когда глубина погружения термоглубомера не совпадает с горизонтами, для которых вычислены α_m, так как в этом случае нет необходимости прибегать к интерполяции.

Глубины, при которых одно значение α_m переходит в другое (пределы глубин, для которых применяется каждое значение α_m), определяют интерполяцией (вычислением или графически). Например, на глубине 35 м α_m равен 0,979, а на глубине 50 м — 0,978. Следовательно, на глубине 42,5 м α_m будет равен 0,9785 (точка перехода α_m из 0,979 в 0,978).

Для приведенного выше примера таблица имеет вид:

Пределы, м		α_m	Пределы, м		α_m
от	до		от	до	
0	42	0,979	226	350	0,976
43	125	0,978	351	450	0,975
126	225	0,977	451	500	0,974

Если изменения удельных объемов в изучаемом районе моря невелики (меньше 0,001), можно ограничиться вычислением для одной или нескольких станций и этими значениями пользоваться для участков моря с одинаковым характером температуры и солености.

При наличии многолетних наблюдений над плотностью воды в районе наблюдений следует выбирать среднюю плотность для

каждого сезона в отдельности и, пользуясь ею, вычислять средний удельный объем a_m за соответствующий сезон. Кроме указанных методов, можно для определения глубины H погружения термометра-глубомера пользоваться графиками, предложенными Н. Г. Глинским, [29], номограммой Б. М. Гаценко [25] или, как предложил В. А. Бурков [12], составить таблицу, которая связывает величину Δt с глубиной H. Таблица рассчитывается по формуле (7.5). В этой таблице глубины рассчитываются на целые градусы и десятые доли градуса Δt.

Глава 8. ИЗМЕРЕНИЕ И ЗАПИСЬ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ ВОДЫ МЕХАНИЧЕСКИМ БАТИТЕРМОГРАФОМ ГМ-9-III

8.1. Назначение батитермографа и его устройство

Батитермограф является морским гидрологическим прибором и предназначен для измерения и записи распределения температуры воды по вертикали в верхнем 200-метровом слое моря.

В основном батитермограф применяется как зондирующее устройство для определения вертикальных градиентов температуры воды на разных глубинах. Особенностью прибора является возможность зондирования на ходу судна.

Прибор может использоваться для различных целей:

— для быстрой и наглядной записи распределения температуры воды по вертикали в слое от поверхности до глубины 200 м;

— для определения глубины, на которой наблюдается слой скачка температуры и любая интересующая нас температура, например максимальная, минимальная и др.;

— для вычисления вертикальных градиентов температуры воды на разных горизонтах.

Батитермограф применяется:

— для съемки температуры воды отдельных районов моря или моря в целом;

— как поисковый прибор, по показаниям которого на океанографических станциях назначаются дополнительные к стандартным горизонты наблюдений, например, в слое скачка, на верхней и нижней его границах и др.;

— для вычисления распределения температуры воды на разрезах между океанографическими станциями; для этого на переходах между станциями его опускают так часто, как этого требуют задачи исследования, например, через 10—20 м. миль (или через каждые 1—2 ч и т. д.). Работу ведут на ходу, уменьшая или приостанавливая для этой цели ход судна.

Результаты батитермографных наблюдений используются:

— для построения карт распределения температуры воды на разных глубинах;

— для изучения формирования и разрушения слоя скачка температуры;

— для изучения режима температуры деятельного слоя моря и т. д.

Устройство батитермографа ГМ-9-III. Батитермограф ГМ-9-III [193] (рис. 8.1) состоит из двух главных частей: термоблока, регистрирующего изменения температуры, и батиблока, показывающего глубину. Движение этих двух блоков прибора комбинируется в одно движение пера, записывающего на пластинке из стекла со специальным покрытием изменение температуры в зависимости от глубины. Таким путем получают температурную кривую от поверхности до глубины 200 м.

Термоблок и батиблок соединяются вместе с помощью корпуса прибора (соединительной гильзы).

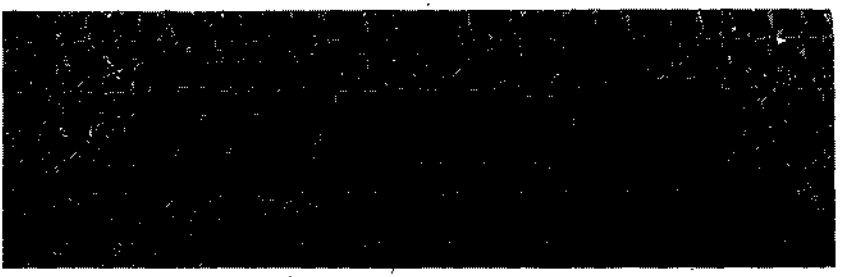


Рис. 8.1. Батитермограф ГМ-9-III.

1 — капиллярная трубка, *2* — защитная муфта, *3* — утяжеляющая муфта, *4* — наконечник головки, *5* — рым, *6* — ребра термоблока.

Термоблок представляет собой термосистему, состоящую из медной капиллярной трубки, соединенной с концом термометрической геликоидальной полой пружины. Система заполняется толуолом. Другой конец капиллярной трубки герметически закрыт. Внутренний диаметр трубки — 0,35 мм, наружный — 1,2 мм, длина — 20—25 м. Она уложена в несколько слоев на гребенках, радиально расположенных в хвостовой части прибора. Защитой термосистемы от повреждений служат ребра стабилизатора.

Геликоидальная пружина представляет собой трубку из бериллиевой бронзы, свернутую в виде цилиндрической спирали с тремя витками. Один конец пружины, связанный с капиллярной трубкой, закреплен неподвижно. Ко второму свободному концу припаяна стрелка с иглой на конце. При изменении температуры увеличивается объем толуола, которым заполнена термосистема. В результате этого возникает упругая деформация геликоидальной пружины и игла стрелки начинает скользить по стеклу, имеющему специальное покрытие, и с глубиной погружения прибора, процарапывая покрытие, дает запись хода температуры по глубине. Термоблок снабжен и фиксирующей стрелкой, служащей для

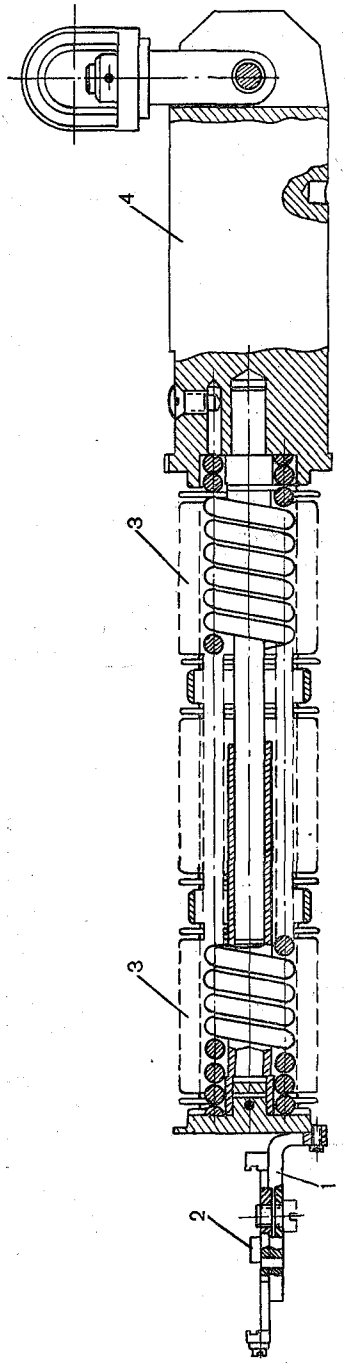


Рис. 8.2. Батиблок батитермографа ГМ-9-III.

1 — направляющий угольник, *2* — столик для стекла, *3* — блоки сильфонов, *4* — головка.

вычерчивания базисной линии, назначение последней — проверка правильности установки стекла в отсчетном приспособлении.

Необходимость введения в систему термокомпенсатора исключается размещением геликоидальной термоманометрической пружины внутри полости коронки с гребенками, на которые в несколько слоев уложена капиллярная трубка. Такое размещение трубки и пружины обеспечивает расположение их в одной и той же водной среде.

Батиблок (рис. 8.2) служит для записи глубины погружения прибора. Он состоит из цилиндрической пружины, надетой на неподвижный стержень, поверх нее укрепляется блок *3* (рис. 8.2) из трех спаянных между собой сильфонов. Пружина и сильфоны воспринимают меняющееся давление воды при погружении и подъеме прибора. Сильфоны создают вокруг пружины герметизирующую рубашку, которая изолирует внутреннюю часть батиблока от воды. Неподвижный конец сильфонов припаян к стакану головки *4*, подвижный конец закрыт втулкой, к которой при помощи направляющего угольника *1* прикреплен столик *2*, несущий стекло для записи температуры и глубины. При погружении прибора втулка под воздействием гидростатического давления столба воды перемещается по стержню на расстояние, пропорциональное давлению, т. е. расстояние, равное глубине погружения, при этом связанный с ней столик смещается в сторону головки. Стрелка, прикрепленная к геликоидальной пружине термоблока чертит кривую линию, выражающую изменение температуры с глубиной. Одновременно

неподвижная фиксирующая стрелка прочерчивает прямую линию, которая служит для проверки правильности установки стекла в отсчетном приспособлении (базисная линия).

Батиблок герметичен и выдерживает 20 атм. внешнего давления.

Соединительная гильза (корпус прибора) объединяет батиблок и термоблок в один механизм и защищает их от механических повреждений.

Для взаимно точного установления термоблока и батиблока, в соединительной гильзе предусмотрены фиксирующие элементы (пазы и штифты). Кроме того, в соединительной гильзе на уровне столика батиблока имеется паз, по которому и движется столик,

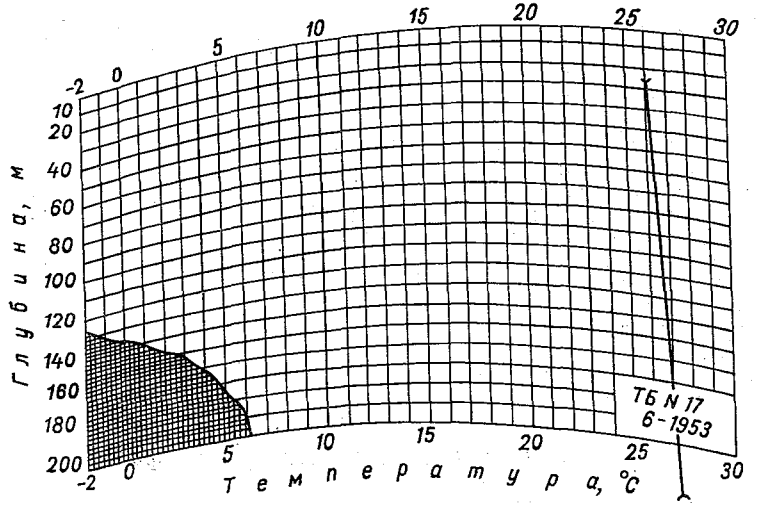


Рис. 8.3. Сетка отсчетного приспособления батитермографа.

выступающий за соединительную гильзу. Столик со стеклом защищен от механических повреждений подвижной муфтой. Сдвиг муфты открывает столик для смены стекла с записью. Одновременно приподнимаются стрелки, выдвигается флажок арретира. Затем вставляют в пазы столика стекло, обращенное слоем покрытия к стрелкам; устанавливают на место заслонку арретира и фиксируют ее положение поворотом головки (шлиц на головке должен располагаться перпендикулярно оси прибора).

На обоих концах батитермографа укреплены рымы для крепления к тросу лебедки. При опускании прибора на ходу судна на головную часть его надевают утяжеляющую муфту весом 3,4 кг.

Отсчетное приспособление применяется для отсчета и обработки записи батитермографа. Основной его частью является тарировочная сетка (рис. 8.3), горизонтальные линии которой соответствуют глубинам, а вертикальные температурам. Цена делений шкалы глубин равна 2 м, шкалы температур — 0,2°. Сетка

строится для каждого прибора отдельно, согласно его тарировке. Сетка жестко установлена в рамке с пазами. Над рамкой укреплена в конической оправе лупа. Рамка отсчетного приспособления съемная, что позволяет вставлять ее, как кассету в фотоувеличитель для фотографирования батитермограмм.

Стекло с записью вставляется в специальные пазы в таком же положении, в котором оно находилось в столике батиблока прибора. Регулировка положения стекла не требуется благодаря тому, что стекло вставляется до упора, а люфты между ними и рамкой выбираются с помощью пружины. Наводка на резкость осуществляется поворотом оправы с лупой.

Основные технические характеристики

Диапазон измерения температуры, °С	от —2 до 30
Погрешность измерения температуры, °С (с округлением до первого десятичного знака)	±0,1
Длина хорды дуги, описываемой регистрирующей стрелкой, мм	50—54
Диапазон измерения глубины погружения прибора, м	до 200
Погрешность измерения:	
глубины до 30 м, м	±1
глубины свыше 30 м, % от измеряемой глубины	±3
Линейное перемещение столика батиблока, мм	34—40
Размеры стекла, мм	50×60×1,8
Запись на стекле прибора	непрерывная
Ширина линии записи, мм	не превышает 0,1
Масса прибора, кг	
в воздухе	около 10
с дополнительным грузом	не более 15
Габаритные размеры, мм	120×640

8.2. Покрытие стекол батитермографа

Состав для нанесения покрытия на стекло — это смазка специализированного назначения МС-70, окрашенная красителем фиолетового цвета.

Состав для покрытия стекол изготовляют следующим образом. Смазку МС-70 механически смешивают с красителем в пропорции 1 : 50 (одна часть красителя на 50 частей смазки), затем эта смесь растворяется до исчезновения крупинок красителя (при рассмотрении под микроскопом тонкого слоя смеси на стекле).

Покрытие наносят на стекла следующим образом. В полученную смесь смазки МС-70 с красителем добавляют бензин марки Б-70 в пропорции 350—400 см³ бензина на 100 г смеси; после чего растворенную бензином смесь тщательно перемешивают. Чтобы уменьшить испарение бензина и продлить возможность нанесения покрытия, приготовленную смесь хранят в стеклянной посуде с притертой пробкой. Перед началом покрытия смесь разбавляют бензином до концентрации, при которой стекло покрывается полупрозрачным слоем толщиной до 0,1 мм.

Прежде чем нанести покрытие на стекла, их подготавливают: очищают от прежнего покрытия, протирают скипидаром, промы-

вают в теплой воде с мылом и сушат. Каждое подготовленное к нанесению покрытия стекло захватывают пинцетом и опускают в посуду с растворенным составом таким образом, чтобы оно полностью погрузилось в этот состав.

Поддерживаемое пинцетом стекло в течение нескольких секунд двигают в сосуде из стороны в сторону, удаляя таким образом с поверхности стекла мелкие пузырьки воздуха.

Стекло с нанесенным покрытием вынимают из сосуда и снимают с него лишние капли красителя, проводя несколько раз его нижним ребром по краю сосуда. Покрытие оставляют на той стороне стекла, по которой оно легло более удачно, с другой — удаляют, протирая стекло ватой или чистой ветошью.

Стекла с односторонним покрытием устанавливают в гнездах специального ящика, где и хранят их до употребления.

При отсутствии бензина состав для покрытия стекол наносится следующим образом. На середину стекла кладут небольшое количество состава, взятого из баночки.

Стекло с наложенным составом покрывают вторым чистым стеклом, затем взаимными смещениями обоих стекол растирают находящуюся между ними массу таким образом, чтобы она равномерно распределилась по всей поверхности. Толщина слоя покрытия должна быть примерно 0,1 мм.

Примечание. Если при распределении состава между стеклами некоторая его часть выдавливается наружу, ее нужно снять ватой или ветошью, слегка смоченной в скипидаре.

Стекла сдвигают одно относительно другого в направлении их длины до полного разъединения.

Ватой или ветошью, слегка смоченной в скипидаре, протирают края покрытого стекла на расстоянии 2—3 мм от ребра.

8.3. Уход за прибором и его проверка

1. Никогда не следует оставлять батитермограф без защиты от солнечных лучей. Для защиты термоблока достаточно хранить прибор покрытым влажной тканью. Комплект прибора должен храниться в укладочном ящике при температуре от —40 до +40°С. В помещениях для хранения не должно быть паров кислот и других едких летучих веществ, вызывающих коррозию металла.

2. Рекомендуемая мера предосторожности — окраска последних 15 м троса перед батитермографом в яркий цвет. Это предотвратит удар прибора о блок и потерю прибора.

3. Необходимо следить за тем, чтобы на батитермографе не осаждались соли морской воды. Для этого прибор после работы промывают пресной водой и просушивают.

4. При загрязнении и повреждении регистрирующей части батитермографа в крайнем случае допускается разборка прибора, промывка и прочистка его мягкой волосяной кисточкой (щеткой).

Разбирают батитермограф ГМ-9-III следующим образом. Снимают вертлюг у термоблока и, отделив винты защиты термоблока,

снимают защиту. Затем освобождают три крепящих винта и вынимают термоблок. Освобождают шесть винтов, скрепляющих соединительную гильзу с батиблоком, и, выдвинув батиблок в сторону термоблока, отделяют его от соединительной гильзы.

Сборка батитермографа производится в обратном порядке.

Необходимо помнить, что прибор тарируется в собранном виде, разборка и сборка может отразиться на его показаниях, поэтому не следует производить разборку без надобности. После разборки и сборки прибора необходимо провести контрольную проверку сохранности тарировки и инструментальных поправок.

5. Необходимо следить, чтобы тарировочная сетка в отсчетном приспособлении излишне не смачивалась.

6. В случае выхода из строя тарировочной сетки прибора (разобьется, повредится слой эмульсии и т. п.) ее заменяют одной из запасных тарировочных сеток, входящих в комплект прибора. Новую тарировочную сетку в отсчетное приспособление устанавливают следующим образом: вставляют стекло в прибор и опускают его на глубину до 200 м. Затем стекло с полученной записью распределения температуры вставляют в отсчетное приспособление, а новую тарировочную сетку, слегка укрепленную в отсчетном приспособлении, перемещают так, чтобы на стекле и на сетке совпали линии, соответствующие дуге и фикс-линии. При совпадении линий, тарировочную сетку прочно закрепляют, а затем определяют сохранность тарировки по методике, описанной ниже.

Проверку сохранности тарировки выполняют в море в тихую погоду со стоящего на якоре или дрейфующего судна. Для этого одновременно опускают на разные глубины (10, 25, 50, 100, 150 и 200 м) глубоководные термометры и батитермограф и сравнивают температуры, измеренные на одних и тех же глубинах этими приборами (наблюдения вблизи слоя скачка следует исключить) и глубины, измеренные батитермографом, с глубинами, определенными по хорошо выверенному блок-счетчику (угол наклона троса при измерениях должен быть равным нулю, трос должен идти вертикально).

Так как блок, измеряющий глубину, тарируется без учета более высокой плотности морской воды вследствие ее солености, то необходимо учесть также поправку на соленость морской воды. Эта поправка со знаком минус при солености 7—18‰ округленно равна 1 м на 100 м глубины, при солености 19—31‰ — 2 м на 100 м глубины, при солености 32—40‰ — 3 м на 100 м глубины.

Пример. Батитермограф, опущенный на глубину 194 м (по блок-счетчику) при солености морской воды 35‰ должен показывать глубину 200 м, а опущенный на глубину 200 м — 206 м.

Устанавливают расхождения по температуре и глубине.

Если расхождения между показаниями глубоководных термометров и батитермографа не будут превышать по температуре ±0,2°С и по глубине ±1 м до 30 м и ±3% от измеренной глубины свыше 30 м, то прибор считается исправным. Если расхож-

дения будут больше, то прибор необходимо отдать в ремонт и поверку.

Перед каждым рейсом следует проверить: 1) четкость записи полученной кривой. При нормально действующем приборе кривая должна иметь толщину 0,1 мм. Если кривая расплывается, то стрелки следует прочистить мягкой волосяной кисточкой; 2) степень нажима стрелок на стекло. При недостаточном нажиме стрелок получаются пропуски в записи. Если же стрелки прижаты чересчур сильно, то запись получается ступенчатой. Нажим стрелок регулируется вращением винтов, находящихся на стрелках, через отверстие в корпусе прибора.

Батитермограф следует периодически поверять в поверительных органах ГУГМС. Поверку батитермографа выполняют периодически во время эксплуатации прибора, перед длительной экспедицией и после нее, при сомнении в исправности прибора, после длительного (не менее одного года) хранения прибора.

8.4. Порядок работы с прибором в дрейфе и на ходу судна

1. При помощи соединительной скобы (чекеля) прибор прикрепляют к огону троса, спускаемого с лебедки. При работе на ходу судна трос лебедки присоединяют при помощи соединительной скобы к концу тросика обрывного устройства. Во избежание потери прибора необходимо каждый раз проверять надежность крепления прибора к тросу.

2. Откидывают заслонку, предварительно совместив с осью прибора шлиц на головке заслона арретира, и открывают окно в гильзе, затем вставляют в пазы столика стекло, обращенное слоем специального покрытия к стрелкам; устанавливают на место заслонку арретира и фиксируют ее положение поворотом головки (шлиц на головке должен располагаться перпендикулярно оси прибора).

3. Затем опускают прибор до погружения термоблока в воду. После погружения термоблока в воду ставят стрелки блок-счетчика на нуль, выдерживают прибор около 10 с погруженным в поверхностный слой воды, чтобы он воспринял температуру воды. Затем его опускают на заданную глубину, но не глубже 200 м, так как сильфоны, используемые в батиблоке прибора, рассчитаны на внешнее давление до 20 атм.

Рекомендуемая скорость опускания батитермографа в дрейфе порядка 2 м/с. При опускании измеряют и записывают угол наклона троса. По достижении заданной глубины прибор с такой же скоростью равномерно поднимают на поверхность.

При работе с батитермографом на ходу судна немедленно после того как заданная длина троса была вытравлена, лебедку стопорят и прибор поднимают. При этом от рывка медная ось обрывного приспособления ломается и прибор идет головкой вверх.

4. Сразу после каждого измерения вынимают из прибора

стекло, просматривают на свет запись и ставят на стекле при помощи стального пера или тонко отточенного карандаша дату и порядковый номер измерения (стекла); если измерения производятся на океанографических станциях, то и номер станции. Эти же данные записывают в книжку для записи наблюдений за температурой воды батитермографом. Извлеченное из прибора стекло помещают в ящик: для ускорения просушки с него сдувают капли воды. Высушенное стекло вставляется в отсчетное приспособление и приступают к обработке батитермограммы.

Особенности работы с батитермографом на ходу судна. При работе с батитермографом на ходу судна прежде всего возникает вопрос о длине вытравливаемого троса, для того чтобы прибор достиг заданной глубины (до 200 м). Эта длина зависит от скорости судна и от способа погружения батитермографа: будет ли прибор погружаться в свободном падении или при буксировании его. В первом случае скорость C_3 сматывания троса с барабана лебедки должна удовлетворять условию

$$C_3 \geqslant l/T,$$

где T — время, в течение которого батитермограф при свободном падении достигает заданной глубины, с; l — длина вытравливаемого троса, м.

Во втором случае

$$C_3 < l/T$$

и прибор буксируется.

При одной и той же скорости судна для того, чтобы прибор достиг заданной глубины при буксировании, требуется вытравить значительно больше троса, чем при свободном падении прибора.

Свободное падение прибора. Длина l вытравливаемого троса при свободном падении батитермографа может быть приближенно вычислена по формуле, предложенной Ивановым [55].

$$l = K(C_1T + 200), \tag{8.1}$$

где l — длина вытравливаемого троса, м; C_1 — скорость движения судна, м/с; 200 — заданная глубина, м; K — коэффициент, численное значение которого немного меньше единицы, его целесообразно принять равным 0,9; C_1T — расстояние, которое пройдет судно за время, пока батитермограф при свободном падении достигнет заданной глубины, м.

При малых глубинах длина вытравливаемого троса выражается формулой

$$l = K[C_1T + (H - 10)], \tag{8.2}$$

где H — глубина места, м.

Заданная глубина берется на 10 м меньше глубины места, чтобы прибор случайно не лег на дно. Для определения времени T следует заданную глубину (200 м или $H - 10$ м) разделить на скорость C_2 свободного падения батитермографа.

Величина C_2 была определена Ивановым по наблюдениям на э/с «А. И. Воейков». Скорость свободного падения батитермографа ГМ-9-III (масса прибора с утяжеляющей муфтой — 15 кг, диаметр — 55 и длина — 610 мм) — 3 м/с.

При работе с батитермографом на ходу судна по этому способу необходимо соблюдать следующие требования. Трос с батитермографом, длина l которого определена по формуле (8.1) или (8.2), должен быть вытравлен в течение времени T (но не медленнее), после чего необходимо сразу же начать подъм прибора. Для этого необходимо сматывать трос с барабана лебедки со скоростью C_3, которая, как было уже сказано выше, определяется делением длины l вытравленного троса на время T.

Пример 1. Средняя скорость свободного падения батитермографа ГМ-9-III $C_2=3$ м/с, глубина места $H=700$ м, скорость судна $C_1=5$ уз (2,5 м/с). Определить скорость сматывания троса C_3.

Решение. Время, в течение которого батитермограф достигает глубины 200 м, $T=\frac{200}{3}=67$ с.

По формуле (8.1) в течение 67 с необходимо вытравить трос длиной $l=0{,}9(2{,}5\times67+200)=330$ м. Необходимо трос травить со скоростью $C_3=\frac{330}{67}=4{,}9$ м/с. Этой скорости сматывания троса соответствует пятая скорость вращения барабана лебедки «Океан». На пятой скорости лебедки «Океан» вытравливают 330 м троса с батитермографом, потом стопорят лебедку и немедленно выбирают трос на первой или второй скорости вращения барабана до тех пор, пока за бортом останется 50—60 м троса. Этот остаток троса и прибор выбирают на первой скорости лебедки в два-три приема, чтобы не потерять прибор при выходе его из воды.

Пример 2. Средняя скорость свободного падения батитермографа ГМ-9-III $C_2=3$ м/с, глубина места $H=160$ м, скорость судна $C_1=4$ уз (2 м/с). Определить скорость сматывания троса C_3.

Решение. Время T, в течение которого батитермограф достигает заданной глубины $(H-10)$ м, $\frac{160-10}{3}=50$ с, количество троса l, которое необходимо вытравить в течение этих 50 с $0{,}9(2\times50+150)=225$ м. Прибор следует опускать со скоростью $C_3=\frac{225}{50}=4{,}5$ м/с, что для лебедки «Океан» соответствует пятой скорости вращения барабана. На пятой скорости лебедки «Океан» вытравливают 225 м троса с батитермографом, затем лебедку стопорят и немедленно выбирают трос на второй или на первой скорости лебедки. Остаток троса (50—60 м) и прибор выбирают на первой скорости в два-три приема.

Погружение прибора при буксировании. Как уже было указано, при $C_3<l/T$ прибор буксируется. Скорость сматывания троса с океанографических лебедок ограничена (2—5 м/с у обычных лебедок, 10 м/с у специальной лебедки для опускания батитермографа на ходу судна). Вследствие этого при значительных скоростях судна батитермограф не может свободно погружаться при вытравливании троса; он буксируется. Чтобы батитермограф достиг заданной глубины, требуется вытравить значительно больше троса, чем при свободном падении прибора.

Наблюдения Г. С. Иванова на э/с «А. И. Воейков» показали, что при скорости хода судна 5 уз следует вытравливать около

300 м троса, при 8-узловом ходе — 600—700 м, при 10-узловом ходе — 1200—1300 м.

Батитермограф на ходу судна следует опускать на мягком тонком тросе, не образующем калышек при слабине. Трос диаметром не менее 2,8 и не более 4,0—4,5 мм должен быть прочным, не иметь обрывов отдельных прядей. Конец его нужно оборудовать огоном с коушем.

Батитермографную лебедку при работе на ходу судна следует устанавливать на корме или с одного из бортов ближе к корме судна. Этим уменьшается опасность случайного наматывания троса на винт судна. Поднимая батитермограф, при приближении его к поверхности нужно уменьшить скорость выбирания троса, так чтобы прибор плавно вышел из воды и во избежание удара о борт сразу же был подхвачен наблюдателем или матросом.

8.5. Обработка батитермограмм

Обработка результатов наблюдений, произведенных батитермографом, состоит из:

1) отсчетов температуры воды на стандартных горизонтах;

2) определений границ слоя скачка и температуры на границах этого слоя и температуры и глубины в точках перегиба кривой записи батитермографа;

3) определений максимальной и минимальной температур и глубин, на которых они наблюдаются;

4) определений глубины погружения батитермографа и температуры на этой глубине;

5) вычислений градиентов температур.

Для обработки записи батитермографа служит отсчетное приспособление, описанное выше. Обработку записи батитермографа производят при помощи отсчетного приспособления, руководствуясь следующими указаниями:

1) перед установкой стекла в рамку необходимо тщательно прочистить пазы рамки от загрязнений, так как наличие грязи в пазах влечет за собой изменение поправок по температуре и глубине;

2) стекло с записью вставляют в пазы рамки и вдвигают его до упора. Люфты между стеклом и рамкой автоматически выбираются с помощью пружин, укрепленных в пазах рамки. При этом базисная линия, начерченная неподвижной стрелкой на стекле, должна совпадать с базисной линией, имеющейся на сетке. Для уменьшения параллакса стекло и сетку устанавливают так, чтобы они были обращены покрытиями друг к другу;

3) фокусируя лупу, добиваются, чтобы сетка и запись на стекле были отчетливо видны;

4) результаты измерений записывают в книжку КГМ-18 для записи наблюдений по батитермографу. Образец записи приведен в табл. 8.1.

Таблица 8.1

Образец записи в книжке КГМ-18 наблюдений за температурой воды, произведенных батитермографом

Батитермограф № *141*. Стекло № *27*. Дата *7 октября 1965 г.* Время *10 ч 45 мин.* Пояс *I*. φ *57° 53′ с. ш.*, λ *8° 21′ в. д.* Условия наблюдения *в дрейфе.*
(на якоре, в дрейфе, на ходу)

Скорость судна (узлы) — . Длина вытравленного троса *95 м.* Угол наклона троса (при измерениях в дрейфе) *25°*. Глубина *98 м.* Температура поверхности моря *9,6*°С.

Горизонт, м	Отсчеты температуры, °С			Температура, °С		Примечание (границы слоев скачка и др.)
	по левой кривой	по правой кривой	средние значения	по глубоководным термометрам *	истинная	
0			*9,7*	*9,6*	*9,5*	
5			*9,7*		*9,5*	
10			*9,7*	*9,5*	*9,5*	
20			*9,7*	*9,5*	*9,5*	
25			*9,7*		*9,5*	
30			*9,7*	*9,4*	*9,5*	
40	*9,3*	*9,7*				*Начало слоя скачка*
50	*3,8*	*4,4*	*4,1*	*4,5*	*3,9*	
60	*3,7*	*4,3*	*4,0*		*3,7*	*Конец слоя скачка*
75			*4,2*	*3,9*	*3,9*	
92			*4,5*		*4,0*	

Максимальная температура *9,5°*, глубина *0—30 м*
Минимальная температура *3,6°*, глубина *56 м*

* Графа заполняется только в тех случаях, когда производились измерения температуры глубоководными термометрами.

Введение поправок в показание батитермографа и определение истинной температуры воды. В естественных морских условиях точность измерений батитермографом теоретически должна быть такой же, как и в заводских условиях, но практически она часто оказывается иной, более грубой. Это происходит вследствие некачественного изготовления отдельных экземпляров прибора (нарушения технологии заполнения термосистем толуолом, в результате этого в термосистеме остается много воздуха; нарушения срока естественного старения термометрических пружин от чего понижаются прежде всего упругие свойства пружины и т. д.) и вследствие частых нарушений тарировки прибора при его транспортировке и эксплуатации.

Чтобы избежать грубых ошибок при измерении, рекомендуется:

1) на океанографических станциях при температурных съемках, когда производятся параллельные наблюдения глубоководными

термометрами, сравнивать показания батитермографа вне слоя скачка температуры с показаниями глубоководных термометров на тех же глубинах, учитывая при этом поправки на соленость воды и допустимую погрешность в измерении глубины;

2) как можно чаще (или при каждом измерении) сравнивать температуру, измеренную на поверхности моря батитермографом, с температурой, измеренной ртутным термометром в оправе.

Если расхождения не будут выходить за пределы допусков, то в показания батитермографа никаких поправок вводить не следует.

Если расхождения будут значительными, до одного знака, то в показания батитермографа следует вносить поправку, равную среднему значению расхождения.

Если расхождения будут значительными и разных знаков, то прибор следует отдать в ремонт, однако до ремонта в показания прибора можно внести соответствующие поправки, чтобы получить температуры, близкие к истинным; для этого пользуются указанными ниже способами.

Кроме того, нужно иметь в виду, что кривая вертикального распределения температуры вычерчивается на стекле батитермографа и при опускании и при подъеме прибора и поэтому имеет место так называемый гистерезис (двойная запись), особенно заметный в слое скачка. Причиной гистерезиса является не только инерционность термоблока (она у батитермографа незначительна, примерно 1,3 с) и трение пружины батиблока о шток и стенки цилиндра (инерция пружины батиблока, оцениваемая в 0,2—0,4 мм), но и влияние иногда большой изменчивости температуры в слое скачка.

На участках записи батитермографа, имеющих гистерезис, отсчеты рекомендуется делать по кривой опускания, если ее можно выделить [1] или по обеим кривым, и за результат измерения принять среднее значение.

При всех недостатках батитермографа нужно иметь в виду, что вертикальные градиенты и распределение температуры по глубине по его данным получаются более точно, чем это возможно по дискретным измерениям глубоководными термометрами.

Ниже приводятся два способа получения истинных температур по измерениям батитермографа, когда в его показания следует вводить поправки.

1. На миллиметровой бумаге, где по оси абсцисс отложены температуры по батитермографу, а по оси ординат — температуры, измеренные глубоководными термометрами (истинные температуры), наносят точки с абсциссами, соответствующими показаниям батитермографа, полученным за несколько разрезов или за дан-

[1] Кривая опускания, как уже было указано, имеет в верхней части горизонтальный участок, который соответствует записи при переходе прибора из воздуха в воду, вследствие разности температуры воздуха и воды; этот участок кривой хорошо заметен. В слое скачка температуры при ее падении с глубиной правая кривая является кривой опускания, левая — подъема.

ный разрез, и с ординатами, соответствующими температурам, измеренным одновременно глубоководными термометрами на тех же глубинах (наблюдения в слое скачка следует исключить). Обычно все точки располагаются узкой полосой. В этой полосе на глаз можно определить среднюю линию, относительно которой точки располагаются по обе стороны равномерно. Линию проводят карандашом или тушью. Пользуясь этой линией, можно найти для любого показания батитермографа истинную температуру. Для удобства можно составить переходную таблицу; с ее помощью по показанию батитермографа находят истинную температуру воды. Если к батитермографу приложен сертификат с инструментальными поправками, то в показания прибора следует ввести поправки, взятые из сертификата. В некоторых случаях верхний конец записи может не совпадать с линией на сетке, соответствующей давлению атмосферы (линии нулевой глубины). В этом случае в показания батитермографа следует ввести поправку на глубину, равную разности между положением верхнего конца кривой записи и линий нулевой глубины на сетке. Поправку берут со знаком плюс, если кривая выходит за пределы сетки, и со знаком минус, если она не достигает линии нулевой глубины.

2. При каждом опускании батитермографа измеряют температуру поверхности моря термометром и сравнивают ее с температурой воды у поверхности моря, измеренной батитермографом. Если к батитермографу приложен сертификат, то в показания батитермографа следует ввести поправки, взятые из сертификата. Так как верхняя часть кривой записи батитермографа обычно бывает размыта вследствие большой разности температур воды и воздуха, то вместо температуры поверхности моря можно взять температуру на глубине, там, где кривая близко подходит к вертикали. Показания батитермографа и термометра записывают на бланк (табл. 8.2).

Таблица 8.2

Вычисление поправки к показаниям температуры БТ

№ стекла	Температура воды на поверхности моря, °С		Разность температур, °С	Примечание
	БТ	термометр		
19	19,3	19,4	0,1	
20	19,5	19,6	0,1	

Найденные разности за весь рейс осредняют. Полученная средняя и будет температурной поправкой батитермографа. Эту поправку придают со своим знаком ко всем отсчетам батитермографа за данный рейс.

Если верхний конец записи не совпадает с линией нулевой глубины по сетке, то следует ввести поправку на глубину, как указано в пункте 1.

Глава 9. ИЗМЕРЕНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ ВОДЫ С ПОМОЩЬЮ ФОТОТЕРМОГРАФОВ

9.1. Назначение и устройство фототермографа

Впервые принципиальная схема фототермографа, заключающаяся в автоматическом периодическом фотографировании показаний глубоководного термометра на фотопленку, предложена в 1949 г. Ю. К. Алексеевым [2].

Действующая модель фототермографа (ФТ-61) была разработана и сконструирована В. А. Глазуновым [28].

В 1964 г. ФТ-61 модернизирован Д. А. Низяевым в ЭПМ ААНИИ, где стала изготовляться модель ФТГ-64. С некоторыми усовершенствованиями[1] на базе ФТГ-64 с 1969 г. изготовляется фототермограф ГМ-59, для регистрации температуры воды на разных глубинах в морях и океанах.

Модель фототермографа ФТГ-64, которая еще может встречаться в практике наблюдений, описана в предыдущем издании Руководства. В настоящем издании рассмотрена наиболее поздняя модель фототермографа — ГМ-59.

Назначение, способы применения и некоторые характеристики фототермографа. Фототермограф ГМ-59 предназначен для автоматической дискретной регистрации температуры на заданной глубине в течение длительного времени. Внешний вид его показан на рис. 9.1.

Основное назначение фототермографа — производство наблюдений за температурой воды длительностью до 420 сут. Прибор может быть применен на автономных буйковых станциях или с припайных и дрейфующих льдов. В этих случаях прибор используется в постановках сериями на тросе.

Конструкция прибора позволяет также использовать его для эпизодических наблюдений за температурой воды как одиночного концевого прибора на тросе, перемещаемого наблюдателем с горизонта на горизонт. При таких наблюдениях он может быть применен как с борта корабля, так и со льда.

Основные технические характеристики

Диапазон измерения температуры, °С	от —2 до +8, или от —2 до +18, или специальные шкалы
Цена деления шкалы, °С	0,1
Точность отсчета, °С	±0,02
Интервал времени между сроками измерений, мин	по заданию 10, 30, 60
Автономность работы при интервалах: 10, 30, 60 мин, сутки	соответственно 70, 210, 420
Максимальное число измерений с одной полной зарядки	10 000
Глубина погружения прибора, м	не более 600

[1] Обеспечена большая глубина погружения; более точная и надежная работа программного устройства; упрощены устройство и монтаж ртутных термометров и обеспечена их взаимозаменяемость.

Источник питания	сухие элементы типа «Сатурн»
Высота прибора, мм	685
Масса прибора, кг:	
в упаковочном футляре	35
и без него	24
Постоянная времени термометров, мин	≈5

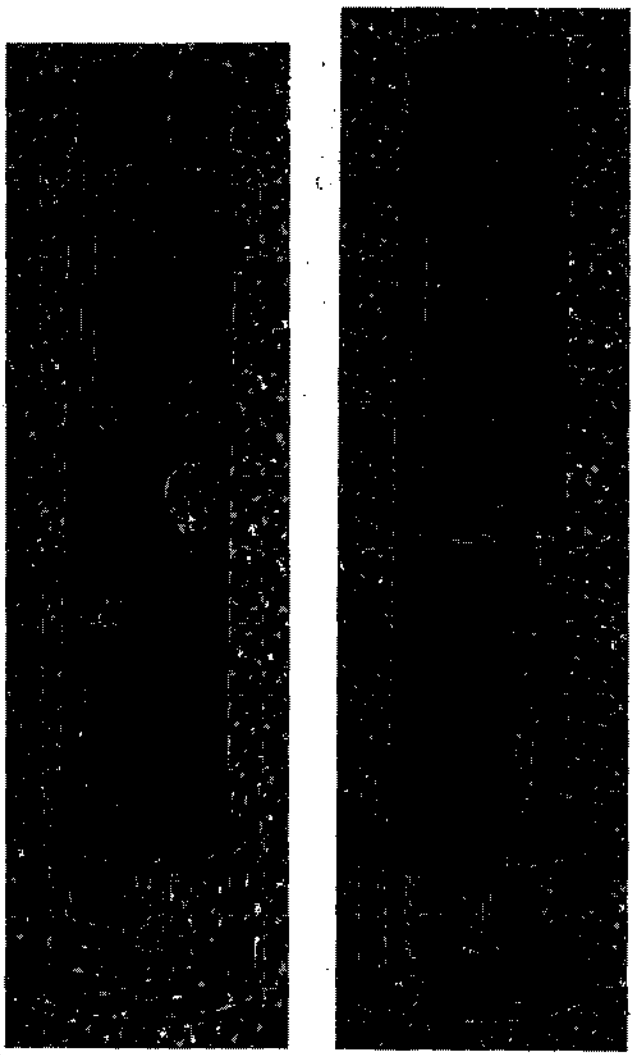


Рис. 9.1. Фототермограф ГМ-59 со снятым корпусом.
Слева — вид спереди. Справа — вид сзади.

Устройство фототермографа. Фототермограф обеспечивает автоматическое фотографирование на кинопленку положения ртутных

столбиков в шкалах термометров, вмонтированных в прибор, находящийся на том или ином горизонте.

На рис. 9.2 приведена принципиальная схема устройства и взаимодействия отдельных механизмов фототермографа.

Спаренные для надежности наблюдений термометры *14* помещены своими ртутными резервуарами во впаянный в основание *17* стакан *18* с глицерином. Шкалы термометров выведены над основанием через герметизирующую пробку и через заданные промежутки времени освещаются расположенным позади шкал осветителем *15*. Через наклонное зеркало *16* и объектив *23* освещенные шкалы со ртутными столбиками проектируются через кадровое окно *24* кассеты *25* на фотопленку *27* и фотографируются на ней.

Одновременно со шкалами подсветкой *21* освещается счетчик кадров *22*. Через линзу *20*, зеркало *19*, объектив и кадровое окно показания счетчика фотографируются на пленку над шкалами термометров, осуществляя нумерацию кадров.

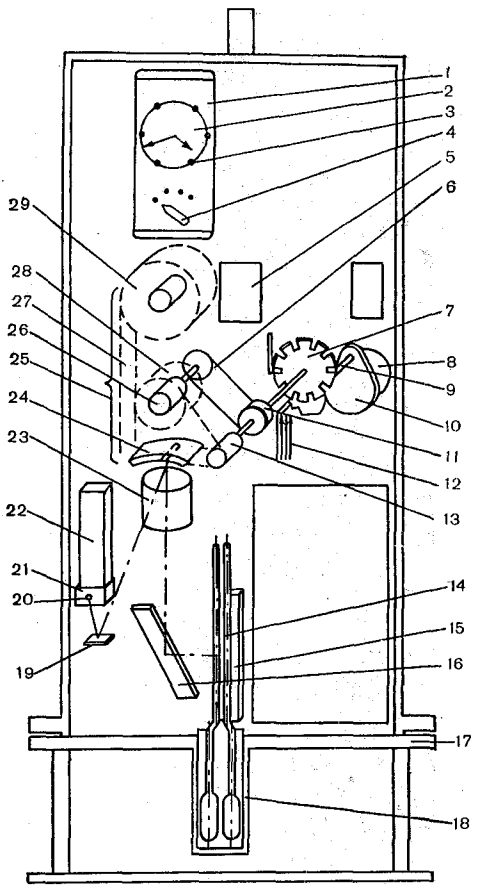


Рис. 9.2. Кинематическая схема фототермографа ГМ-59.

1 — программный механизм, *2* — часовой механизм, *3* — контакты, *4* — выключатель — переключатель интервалов работы, *5* — электронная схема, *6* — пассик, *7* — звездочка, *8* — электродвигатель, *9* — палец эксцентрика, *10* — кулачок эксцентрика, *11* — шкив, *12* — контактная группа, *13* — барабан, *14* — термометры, *15* — осветитель, *16* — наклонное зеркало, *17* — основание, *18* — стакан с глицерином, *19* — зеркало, *20* — линза, *21* — подсветка, *22* — счетчик кадров, *23* — объектив, *24* — кадровое окно, *25* — кассета, *26* — приемная катушка, *27* — фотопленка, *28* — пленка (экспонированная), *29* — катушка.

Управление работой фототермографа осуществляет программный механизм *1*. Он состоит из часового механизма *2* с контактами *3*, выключателя-переключателя интервалов работы *4*, электронной схемы *5* пуска и ограничения времени работы электродвигателя *8*.

Электродвигатель осуществляет включение и выключение освещения, протяжку и намотку фотопленки. Последовательность работы механизмов при этом такова.

При включении электродвигателя находящийся на его выходной оси кулачок-эксцентрик *10*, воздействуя на контактную группу *12*, в течение первого полуоборота включает и выключает освещение шкал и показаний счетчика. После выключения ламп во второй половине палец *9* эксцентрика входит в зацепление со звездочкой *7* и поворачивает ее. Звездочка поворачивает барабан *13* кассеты, осуществляя протяжку ленты и тем самым смену кадра. Запас неэкспонированной пленки находится в кассете на катушке *29*. Экспонированная пленка *28* наматывается на приемную катушку *26*, вращаемую пассиком *6* от шкива *11*, находящегося на оси барабана.

Более детальное описание фототермографа приведено в специальном «Описании и руководстве по эксплуатации фототермографа ГМ-59», которое придается прибору при его покупке.

9.2. Работа с фототермографом

Уход за фототермографом. Фототермограф представляет собой электромеханический прибор с оптической системой, в связи с чем требует соблюдения определенных правил при его хранении, транспортировке и в процессе эксплуатации.

1. Длительное хранение прибора допускается только в герметизированном виде, в футляре.

2. Во всех случаях помещение для хранения должно быть сухим с положительной (но не более +30°С) температурой. В отдельных случаях, например при перевозках в Арктике и Антарктике, на непродолжительное время допускается пребывание фототермографов при отрицательных температурах, но не ниже —30°С. При этом батарею электропитания прибора необходимо хранить или перевозить отдельно, не допуская ее замерзания.

3. При подготовке прибора для хранения или перевозки необходимо выключить его электрическую цепь. Это достигается постановкой переключателя режима в положение «0».

4. Значительно охлажденный прибор, внесенный в теплое помещение можно вскрывать лишь по прошествии времени, необходимого для принятия массой прибора температуры окружающего воздуха. В противном случае, выделение конденсата на внутренних деталях прибора не позволит без длительной просушки производить работы с ним. Такие недостатки в уходе за прибором приводят к преждевременному его износу и выходу из строя. Нельзя также включать электропитание прибора при неоттаявших элементах батарей, в результате чего элементы выходят из строя («текут»).

5. Обращаясь с прибором, нельзя допускать резких толчков. Для обеспечения надежной работы механизмов прибора транспортировать его следует в сопровождении специалиста или проинструктированного лица.

Проверка и подготовка фототермографа к работе. Предварительная проверка прибора в процессе подготовки его к работе заключается в следующем.

1. Производится внешний осмотр корпуса прибора на исправность. При этом необходимо обратить внимание на однородность металла прибора, его деталей и соединений в связи с большой массой латунного корпуса.

2. В случае длительной транспортировки, предшествовавшей подготовке прибора к работе, следует проверить прочность всех резьбовых и винтовых креплений и при необходимости подтянуть их. Нередко, в связи с вибрацией во время перевозки, некоторые соединения, особенно резьбовые, претерпевают ослабление.

3. Устанавливают отсутствие пузырьков воздуха в столбике ртути термометров, капель ртути на стенках капилляра и запасного резервуара. Осмотр производят через лупу. Неисправные термометры исправляют таким же путем, как и глубоководные опрокидывающиеся термометры или заменяют. Проверяют также состояние поверхности шкал и зеркал, а при необходимости, протирают специальной кисточкой, замшей, обезжиренными фланелевой салфеткой или ватой. Необходимо проверить также расстояние деления —2°С от нижней платы прибора по линейке. Оно должно соответствовать величине, указанной в паспорте. При смещении термометров более чем на ±3 мм в сравнении с указанной величиной, их необходимо установить на заданную высоту. При сомнении правильности показаний термометров, нижнюю часть прибора помещают в воду с тающим снегом и проверяют нулевую точку. Термометры должны иметь поверочное свидетельство не более чем годичной давности.

4. Проверяются на светоотдачу поверхности лампочек подсветки. В результате длительной эксплуатации внутренние поверхности баллонов ламп тускнеют и лампочки нуждаются иногда в замене новыми. Одновременно проверяют надежность контактов лампочек в патронах.

5. Следует обратить внимание на чистоту поверхности коллектора и состояние щеток электродвигателя и в случае их загрязнения — прочистить.

6. Проверяют качество резиновой прокладки для герметизации корпуса. В случае обнаружения трещин прокладку необходимо заменить.

7. Перед началом первых наблюдений проверяют качество пленки, проявителя и закрепителя, работу оптической системы прибора, регулируют диафрагму объектива путем производства пробных снимков и оценки их качества. Это позволяет дополнительно проверить также все системы прибора во взаимодействии. Снимки шкал должны быть предельно плотными. Необходимо обратить внимание на качество селикогеля и в случае необходимости прокалить его при температуре 180°С.

Подготовку фототермографа непосредственно для постановки на наблюдения рекомендуется производить в следующем порядке.

1. Для зарядки кассеты используется наиболее свежая пленка «Микрат-200» (50 метров). Перед зарядкой проверяют исправность кассеты, подвижность деталей, очищают ее внутреннюю полость от пыли и возможных остатков пленки. Зарядку кассеты целесообразно производить, как и подготовку всего прибора, в сухом, с положительной температурой помещении. Зарядку производят в полной темноте в следующем порядке:

а) сняв крышку кассеты, вынимают верхнюю подающую катушку;

б) под зажимом на шейке катушки закрепляют конец приготовленной пленки эмульсией наружу. Вращая катушку по часовой стрелке, заполняют ее пленкой;

в) ровно обрезанный свободный конец пленки при надетой на ось приемной катушке протягивают вдоль левой стенки кассеты, продевают через щель фильмоканала в зазор между ведущим роликом и направляющей, вводят в зацепление с тянущим барабаном и закрепляют на приемном барабане, вращая его против часовой стрелки;

г) в результате нескольких оборотов шкива барабана от руки убеждаются в нормальной работе системы протяжки ленты в кассете и надежно закрывают крышку кассеты.

2. Проверяют напряжение электросети и исправность работы всей электросхемы прибора следующим образом:

а) вольтметр подключают к клеммам батареи, переключатель ставят на 60-минутный интервал и нажимают кнопку принудительного включения цепи. При горящих лампах освещения шкал напряжение по вольтметру должно быть не менее 8,5 В;

б) при нажатии кнопки проверяется работа электродвигателя, время одного оборота кулачка, которое не должно выходить за пределы 3,5—4,5 с и время горения лампочек (1,5 с);

в) работа счетчика проверяется по его щелчку, слышимому при включении ламп или при смене показаний счетчика, видимых с помощью юстировочного приспособления, поставленного вместо кассеты. На нем же можно проверить положение и четкость изображения шкал термометров и счетчика. Для этого, при наибольшей диафрагме объектива следует осветить шкалы внешним источником света.

3. Устанавливают требуемые диафрагму и фокусное расстояние.

4. Вставляют на место селикогель.

5. Включают программный механизм на нужный режим работы и устанавливают на часах прибора точное время.

6. Через кадровое окно снятой кассеты надписывают фиксажем на пленке необходимые данные: номер прибора, дату и время первого автоматического кадра.

7. Ставят кассету на место и убеждаются в зацеплении барабана с соединительной муфтой, нажав на головку с накаткой и вращая ее против часовой стрелки. В момент зацепления слышен щелчок и резко возрастает усилие, прилагаемое к головке.

8. При закрытом объективе нажимают кнопку и дают прибору работать 4—5 циклов. Отпустить кнопку следует во время погасания лампочек. Проверяют по часам, убеждаясь, что автоматический кадр будет сделан во время, надписанное на пленке.

9. Снимают крышку объектива, имея ввиду, что в светлом помещении первый автоматический кадр будет засвечен.

10. Надевают корпус прибора на шпильки основания, проверяя положение и чистоту прокладки и герметизируют прибор. Чтобы обеспечить равномерный прижим корпуса к основанию через герметизирующую прокладку, гайки навинчивают на винты постепенно увеличивая усилие, причем в начале обжима гайки обходят не подряд, а в диаметрально противоположном порядке.

Производство наблюдений с помощью фототермографа. *Работа с одиночным прибором.* С судна или льда один фототермограф может быть использован для производства эпизодических наблюдений за температурой воды на ряде горизонтов. В этом случае прибор подвешивается на конце троса. Работа с фототермографом, связанная с перемещением его с горизонта на горизонт, подобна работе с самописцем БПВ, с соответствующими записями в журнал времени прихода прибора на горизонт и снятия с горизонта, контрольными подъемами фототермографа на поверхность для прослушивания работы его механизмов и т. д.

Практически, при подвешивании и опускании прибора на тросе необходимо соблюдать следующие правила.

1. При работе в холодном климате подготовленный к погружению в воду прибор не должен быть охлажден ниже 0°С.

2. При присоединении изолятора (прибор—трос) выполняют правило: стальные детали изолятора — к тросу, латунные — к прибору. Предварительно проверяют отсутствие непосредственного контакта между разнородными металлами на самом изоляторе.

3. Во всех случаях подготовки и работы с прибором недопустимы резкие толчки и сотрясения, удары о борт или палубу. При перемещении прибора с горизонта на горизонт, торможение барабана лебедки при опускании и начало подъема следует осуществлять плавно.

4. Поднятый на поверхность прибор следует вскрывать при температуре помещения, близкой к температуре рабочей среды прибора, или после того, как он примет температуру помещения, чтобы избежать образования конденсата на деталях механизма.

5. По окончании наблюдений герметизированный корпус прибора обмывают пресной водой, вытирают насухо или просушивают.

Работа с серией приборов. Подвеска на тросе серии приборов для длительной работы на автономных буйковых станциях, со льда или судна, производится на кронштейнах, специально приданных прибору. При подвеске серии приборов на одном тросе необходимо соблюдать следующие требования.

1. При постановке буйковой станции с судна методом буй—якорь кронштейны фототермографов прикрепляются к идущему от

стрелы тросу в перевернутом положении. При опускании их в воду и установке на дно якоря станции приборы принимают на тросе нормальное положение. В связи с этим необходимо быть особенно аккуратным и следить, чтобы приборы с кронштейнами не получили толчков о борт.

2. В связи с постановкой приборов на длительный период в морскую воду следует все винтовые соединения и детали кронштейна смазать устойчивой в воде смазкой, например, техническим вазелином.

3. При постановке долговременной буйковой станции с судна вся система троса станции смазывается при намотке ее на грузовую лебедку или вьюшки.

Эти меры предупреждают коррозию тросов при длительном нахождении их в морской воде.

9.3. Обработка записей фототермографа ГМ-59

Обработка наблюдений за температурой воды, произведенных фототермографом состоит из проявления фотопленки, производства отпечатков и введения поправок к отсчетам температуры (инструментальная и на параллакс).

Проявление фотопленки. Разрядку кассеты производят в полной темноте. При снятой крышке кассеты делают приемной катушкой несколько оборотов с таким расчетом, чтобы последний заснятый кадр оказался на приемной катушке. Пленку обрезают между ведущим барабаном и приемной катушкой, после чего последнюю извлекают из кассеты. К проявлению пленки желательно приступить сразу после наблюдений, чтобы убедиться в исправности работы прибора. Если по каким-либо причинам проявить пленку сразу невозможно, хранить ее следует в плотно свернутых рулонах, упакованных в светозащитную бумагу, в металлических коробках или пеналах, заклеенных снаружи изоляционной лентой для дополнительной защиты ее от света и от влаги воздуха.

Обрабатывают фотопленку (проявляют, промывают, закрепляют) в обычном фотобачке отрезками по 2,0—2,5 м. Можно для этой цели использовать бачки для проявления кинолент. При разрезании пленку следует промаркировать. Маркировка необходима для последовательного совмещения отрезков пленки при последующей склейке ее после проявления. Маркировку производят надрезами перфорации, надписями нерастворимыми чернилами или пометками на эмульсии вне кадра.

Рецепт проявления для пленки «Микрат-200»: метол — 1 г, сульфит натрия б/в — 26 г, гидрохинон — 5 г, бромистый калий — 1 г, сода б/в — 20 г, вода дистиллированная — 1 л.

Время проявления 6—8 мин при температуре +20°С. Температура плавления эмульсии +26°С. В одном литре проявителя можно проявить 28 м пленки «Микрат-200».

Рецепт фиксажа: гипосульфит — 250 г. сульфит натрий б/в — 25 г, серная кислота (уд. вес 1,84) — 5 мл, вода кипяченая — 1 л.

Таблица 9.1

Форма журнала и образец записи обработки наблюдений за температурой воды фототермографом ГМ-59

Станция № *50/1.* Горизонт наблюдений *25 м.* Прибор № *41.* Интервал наблюдений *30 мин.* Пояс *11.*

Начало: Дата *27.10 1965 г.* Время *16 ч 35 мин.* Координаты: φ *59° 10′ с. ш.*, λ *176° 03′ в. д.* Глубина *500 м.*

Конец: Дата *27.11 1965 г.* Время *19 ч 05 мин.* Координаты: φ *59° 10′ с. ш.*, λ *176° 03′ в. д.* Глубина *500 м.*

№ наблюдения (кадра)	Дата	Расчетное время наблюдения		Поправка на ход часов	Истинное время наблюдения		Температура по термометрам, °С								Принятая температура	Примечание
							левый				правый					
		ч	мин		ч	мин	отсчет по шкале	инструментальная поправка	поправка на параллакс	исправленная температура	отсчет по шкале	инструментальная поправка	поправка на параллакс	исправленная температура		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
1	*27 10*	*16*	*35*	*0*	*16*	*35*	*5,12*	*0,01*	*—0,01*	*5,12*	*5,15*	*—0,01*	*—0,01*	*5,13*	*5,12*	

Время закрепления пленки 10—12 мин. В 1 л фиксажа данного рецепта можно закрепить 20 м пленки.

После закрепления пленку тщательно промывают и сушат.

Снятие отсчетов с пленки. Перед снятием отсчетов с кадров пленки, она обезжиривается в ректифицированном спирте и аккуратно протирается гигроскопической ватой.

Для снятия отсчетов температуры используется лупа с 7—10-кратным увеличением. Можно также использовать проектор. Кадры пленки проектируются на экран при увеличении, достаточном для точного и легкого снятия отсчетов температуры с точностью 0,02°.

Время производства отдельных наблюдений (кадров) определяется аналогично тому, как это делается при определении времени отпечатков у самописцев течений БПВ (см. п. 15.2).

Снимаемые с пленки показания термометров и время наблюдений записываются в журнал обработки (табл. 9.1).

Приведенная форма журнала рассчитана для обработки долговременных наблюдений на одном горизонте. Для эпизодических станций при работе одним прибором на ряде горизонтов следует к данной форме добавить графу «горизонт наблюдений».

В табл. 9.2 приводятся поправки на параллакс для модели фототермографа ГМ-59, выпускаемого экспериментально производственными мастерскими ААНИИ, взятые из его «Описания».

Таблица 9.2

Поправки на параллакс

Термометр со шкалой от −2 до +8°		Термометр со шкалой от −2 до +28°	
деления шкалы термометра	поправка	деления шкалы термометра	поправка
8	0,01	18 28	0,02
7	0,01	16 26	0,02
6	0,01	14 24	0,02
5	0	12 22	0,01
4	0	10 20	0
3	0	8 18	0
2	0	6	0
1	0	4	−0,01
0	−0,01	2	−0,02
−1	−0,01	0	−0,02
−2	−0,01	−2	−0,02

Глава 10. ИЗМЕРЕНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ ПОВЕРХНОСТИ МОРЯ И ПОВЕРХНОСТНОГО СЛОЯ

10.1. Различие и связь температуры поверхности моря и температуры поверхностного слоя моря

Под *температурой поверхностного слоя моря* понимается осредненная за 1—2 мин температура верхнего слоя морской воды толщиной не более 1 м в месте измерения, принимаемая за среднюю в этом слое и условно распространяемая на ближайшую акваторию.

Температура поверхностного слоя моря обычно измеряется дистанционным электротермометром сопротивления или непосредственно ртутным термометром в оправе со стаканчиком.

Температуру *поверхностного слоя* следует отличать от температуры *поверхности моря*, под которой понимается температура *тонкого* поверхностного слоя морской воды, от нескольких микронов до 1—2 см, обычно измеряемая радиационным термометром по ходу самолета, судна или в постоянном месте на малой площади. Температура поверхности моря может отличаться от температуры поверхностного слоя на 1—3°. Вследствие испарения она обычно ниже температуры воды поверхностного слоя.

Вопрос о достоверном измерении температуры воды поверхностного слоя с судна давно привлекает внимание океанографов. Это связано с тем, что судно при своем движении нарушает термическую структуру поверхностного слоя океана, а также из-за откачки за борт технической воды, используемой для охлаждения энергетических установок судна. Особенно необходимы сведения о температуре воды поверхностного слоя для оценки точности измерений температуры, которые осуществляются при помощи инфракрасных радиометров, установленных на летательных аппаратах и ИСЗ [1].

Вблизи судна образуемые им кильваторные струи состоят из винтовых струй и корпусной струи, обусловленной трением между корпусом судна и водой. На расстоянии за кормой, как правило, меньшем, чем длина судна, эти два потока перемешиваются, образуя турбулентное движение, в котором скорости во всех направлениях примерно одинаковы.

Если судно движется в слое вод с постоянной температурой, особенно в зимнее время, то часто изменения температуры воды могут возникнуть только за счет отдачи судном тепла в воду. Небольшие участки воды могут нагреваться значительно больше за счет воды, выпускаемой из системы охлаждения двигателей.

Если в поверхностном слое имеет место вертикальный температурный градиент, то идущее судно возмущает распределение

[1] В основу работы ИК радиометров положено измерение интенсивности теплового излучения в инфракрасной области спектра, подчиняющегося закону Стефана—Больцмана. Использование инфракрасных радиометров позволяет изучать тепловые процессы в самом верхнем очень тонком слое воды.

температуры и в кильваторной струе создаются заметные температурные перепады. Поэтому при измерении температуры воды с кормы могут быть искажения порядка 0,3—0,5°С.

Нарушенная термическая структура за кормой судна, образующаяся от работы гребных винтов, в штилевую погоду и при весьма малых разностях температуры воды и воздуха, сохраняет свое состояние значительное время и на удалениях в несколько десятков миль.

Наиболее репрезентативное место, где можно измерять температуру поверхности воды — это впереди по курсу судна или на расстоянии 25—30 м по обе стороны от его бортов. Однако контактными методами в этих местах измерения осуществить трудно.

Обычно в поверхностном слое 0—0,5 м распределение температуры принимается изотермическим, хотя теоретическими исследованиями показано, что самая поверхностная пленка воды должна быть холоднее нижележащих слоев, а максимум температуры должен находиться на некоторой глубине. Изменчивость распределения температуры в поверхностном слое моря вызывается изменениями составляющих теплового баланса.

Ряд экспериментальных материалов, полученных в испарительных бассейнах и в лабораторных условиях, дают температурные градиенты порядка 0,03—1,2°.

При анализе термических особенностей поверхностной пленки следует рассматривать уравнения теплового баланса в виде:

$$R_д = LE + P + B, \tag{10.1}$$

$$R_д = E_а - E_п = -E_{эф}, \tag{10.2}$$

где $R_д$ — баланс длинноволновой радиации, LE — затраты тепла на испарение, P — турбулентный теплообмен с атмосферой, B — теплообмен с нижележащими слоями, $E_а$ — длинноволновое излучение атмосферы, $E_п$ — тепловое излучение поверхности, $E_{эф}$ — эффективное излучение поверхности.

Так как изменение теплосодержания такого тонкого слоя воды пренебрежимо мало по сравнению с членами уравнения (10.1), то величину B можно записать в виде

$$B = \frac{\lambda}{H}(T_0 - T_H), \tag{10.3}$$

и тогда

$$T_0 - T_H = -\frac{H}{\lambda}(E_{эф} + LE + P) = \frac{H}{\lambda}B, \tag{10.4}$$

где λ — коэффициент турбулентной теплопроводности рассматриваемого слоя воды, T_0 — температура поверхности моря, T_H — температура воды на глубине H под поверхностью, H — толщина поверхностного слоя.

Имея в виду, что для обычных условий над морем $E_{эф} > 0$; $LE > 0$; $P > 0$, получим, что знак величины B отрицателен. Иными

словами, при рассмотрении тепловых процессов в достаточно тонких поверхностных слоях воды вертикальный поток тепла, как правило, направлен к поверхности от некоторого нижележащего уровня H. Это обстоятельство приводит к тому, что $T_0 < T_H$, т. е. температура поверхности моря ниже температуры на некоторой глубине в поверхностном слое. Поэтому при рассмотрении вопросов, связанных с распределением температуры по вертикали, примем знак градиента положительным, когда $T_0 > T_H$, и отрицательным, когда $T_0 < T_H$.

Наличие отрицательных градиентов температуры в тонком поверхностном слое воды подтверждено рядом экспериментальных, теоретических и расчетных работ. Наличие больших градиентов температуры в верхнем слое говорит о том, что вертикальный обмен теплом в верхних слоях воды значительно слабее, чем в более глубоких слоях. Согласно Вудкоку у поверхности коэффициент теплопроводности близок к своему молекулярному значению, тогда как на глубине 1 м и более он имеет турбулентное значение.

Из уравнения (10.4) видно, что особенности формирования термического режима поверхностной пленки воды зависят от многих метеорологических факторов, обусловливающих интенсивность турбулентного и лучистого теплообмена между водой и атмосферой, скорости ветра, влажности и температуры воздуха, облачности. К этому следует добавить и возможные изменения температуры, связанные с развитием волнения. Поэтому, если для средних условий можно оценить характерные значения T_0 и T_H по известным климатологическим характеристикам $E_{эф}$, E и P, то отдельные случаи измерений величины $(T_0 - T_H)$ могут дать большие отклонения от средних значений, в частности знак $(T_0 - T_H)$ может при некоторых условиях принять положительное значение. Последнее возможно при условиях, когда хотя бы одно из слагаемых в уравнении (10.4) будет иметь отрицательный знак и превышать по абсолютному значению сумму двух остальных слагаемых.

Такие условия могут возникать: а) при больших значениях противоизлучения атмосферы (когда $E_{эф} < 0$), б) при конденсации влаги на поверхности ($LE \leqslant 0$), в) при сильных инверсиях температуры ($P < 0$).

При инверсии величина $E_{эф} + LE + P$ может быть отрицательной, тогда $(T_0 - T_H) > 0$ и будет наблюдаться положительный градиент у поверхностной пленки воды. В случае, когда наблюдается положительный градиент температуры воды, из уравнения (10.4) можно получить приближенное условие для поверхности, выражая величины потоков через разность температур вода—воздух в следующем виде:

$$\frac{H}{\lambda}\left[A(T_0 - T_а) - B'\right] \geqslant 0; \quad T_0 - T_а \geqslant \frac{B'}{A}, \tag{10.5}$$

где T_0 и $T_а$ — температура поверхности воды и воздуха соответственно, A — эмпирический коэффициент, B' — теплообмен с атмосферой.

На основании уравнения (10.4) можно вычислить разность температур в поверхностном пленочном слое воды:

$$T_0 - T_H = \frac{BH}{\lambda} \qquad (10.6)$$

(здесь H порядка 1—2 см и менее).

Анализ зависимости эффективного излучения, турбулентного теплообмена с атмосферой и испарения от определяющих метеорологических факторов показывает, что максимальное значение (T_0—T_H) наблюдается в условиях безоблачной погоды, неустойчивой стратификации приводного слоя воздуха и больших положительных разностей между максимальной упругостью водяного пара при данной температуре морской поверхности и фактическим содержанием водяного пара в воздухе.

Если рассматривать слой большей толщины (десятки сантиметров, метры), то условия формирования термического режима этого слоя осложняются влиянием поглощенной коротковолновой радиации и изменением теплосодержания этого слоя.

При рассмотрении результатов наблюдений выявляется зависимость вертикальных градиентов температуры от широты. Абсолютные значения градиентов в слое 0—0,5 м уменьшаются с увеличением широты. Типичное распределение температуры по вертикали от поверхности до глубины 0,5 м приводятся на рис. 10.1, из которого видно, что наибольшие градиенты температуры приходятся на слой 0—0,25 м.

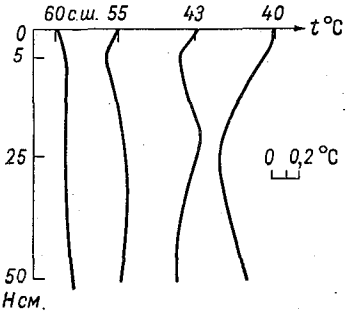


Рис. 10.1. Типовое распределение температуры в поверхностном слое Атлантического океана на разных широтах.

Выполненные синхронные наблюдения за температурой воды и элементами волн при волнении до 4 баллов в Атлантическом океане показали, что градиенты температур в слое 0—0,5 м сохраняются. Аналогичный вывод был получен и при анализе данных наблюдений температуры поверхности воды при помощи судового ИК радиометра. При более сильном волнении подобные измерения не производились.

Существенные разности температур в океане при волнении объясняются устойчивостью самой поверхностной пленки и значительными градиентами температуры на небольших вертикальных расстояниях от поверхности (несколько миллиметров и меньше).

При более сильном волнении (5—6 и более баллов) наступает гомотермия.

При рассмотрении записей временнóго хода радиационной температуры продолжительностью от одних суток и более, хорошо прослеживается ее суточная изменчивость. На основании большого

количества многосуточных наблюдений радиационная температура подвержена значительным изменениям по сравнению с температурой, измеренной другими методами и имеет большую амплитуду суточных колебаний.

Полученные материалы по радиационной температуре поверхности океана несколько изменяют существовавшее мнение, что в тропической зоне океана суточные колебания температуры поверхности малы. Это было справедливо, когда единственным способом измерения температуры поверхности океана был ртутный термометр.

10.2. Измерение температуры поверхности моря (ТПМ) радиационным термометром (инфракрасным радиометром)

Описание судового инфракрасного радиометра. Инфракрасный радиометр предназначен для неконтактного измерения температуры поверхности воды с судов как на ходу, так и в дрейфе.

Основные технические характеристики

Диапазон измерения температуры, °С	от —3 до 37
Пороговая чувствительность приемного устройства, °С	0,05—0,01
Инструментальная точность измерения, °С	0,2
Угол зрения оптического блока, °	12
Точность автоматической термостабилизации, °С	не хуже 0,1
Время выхода на режим измерения, ч	не более 4
Давление, обеспечивающее герметизацию, атм.	2
Рабочая полоса усилителя, Гц	20
Полоса пропускания усилителя, Гц	20±1
Размеры, мм:	
оптический блок	716×415
пульт управления	587×905×540
Масса аппаратуры, кг	50

В усилителе применено синхронное детектирование сигнала. В качестве контрольного градуировочного устройства служит подключаемая на вход модель абсолютно черного тела с известной температурой. Питание от бортовой судовой сети: напряжение 220 В, рабочая частота 50 Гц. Запись температуры производится на ленточной диаграмме потенциометра ЭПП-08.

Инфракрасный судовой радиометр состоит из двух блоков: 1) оптической головки, 2) пульта управления и регистрации с соединительными кабелями.

Оптическая головка предназначена для приема инфракрасной радиации и концентрации ее на тепловом приемнике-болометре и преобразования ИК радиации в электрический сигнал с последующим его усилением.

Пульт управления предназначен для выпрямления поступающего от приемника сигнала и регистрации на самопишущем приборе.

Блок-схема ИК радиометра аналогична самолетному (рис. 10.2). Блок-схема оптического блока включает в себя моду-

лятор, болометр, схему усилителя, преобразователя для питания узла термостабилизации и болометра, схему формирования опорного синхронного сигнала для синхронного детектора и электрический нагреватель для стабилизации температуры корпуса приемника. В качестве двигателя вращения модулятора используется синхронный двигатель Г-205. Схема формирования опорного синхронного сигнала включает в себя датчик, которым является фотосопротивление ФСК-1 с эмиттерным повторителем. В оптическом блоке находится преобразователь напряжения для питания болометра и схемы термостабилизации. Измерительная схема построена по принципу прямого измерения.

Работа аппаратуры осуществляется следующим образом: поток ИК радиации, излучаемой морской поверхностью с площади равной полю зрения оптического блока, поступает на тепловой приемник-болометр через входной защитный фильтр и преобразуется двухлопастным модулятором с частотой 10 Гц. Вращение модулятора обеспечивает попеременное поступление на поверхность сферического зеркала, от него на болометр, потоков излучения моря и модели черного тела. Для фильтрации радиационных помех перед болометром установлен оптический фильтр с полосой пропускания 8—13 мкм.

Чувствительность болометра типа БГС-2, примененного в судовом ИК радиометре, составляет 500—700 В/Вт. Поступающая на болометр переменная составляющая теплового потока представляет собой разность излучения моря и модели черного тела. Эта разность вызывает изменение сопротивления болометра с частотой модуляции, последняя вызывает соответствующие изменения напряжения на болометре, которое поступает на вход предварительного усилителя; далее сигнал, содержащий информацию об излучении морской поверхности, подается на синхронный детектор; опорным сигналом для синхронного детектора является напряжение, вырабатываемое датчиком синхронных сигналов. Выпрямленный сигнал через компенсатор подается на усилитель регистрирующего прибора.

Система термостабилизации включает в себя датчик температуры, сигнал которого поступает через согласующий каскад на усилитель и через исполнительное реле на нагревательную обмотку оптического блока.

Эксплуатация, проверка, настройка и градуировка прибора. Как показал опыт лабораторных и судовых испытаний ИК радиометра в тяжелых климатических условиях тропической зоны Атлантического океана прибор обеспечивал длительную непрерывную регистрацию (более 15 сут) поверхностной температуры. Надежность электронной схемы аппаратуры обеспечивается тем, что она работает в ненагруженном режиме, а для обеспечения теплоотвода с мощных транзисторов использованы эффективные рассеиватели.

Перед работой с прибором необходимо расчехлить оптический блок, проверить подсоединение штепсельных разъемов, убедиться

в их герметизации и протереть чистой ватой, смоченной в спирте, входной фильтр.

При подготовке аппаратуры к работе необходимо включить тумблер «сеть», при этом загорается сигнальная лампа на пульте управления, одновременно зажигается красная лампа работы схемы термостабилизации. В зависимости от температуры окружающего воздуха переключатель мощности нагрева оптического блока ставится в положение *I—IV*. Переключатель находится на боковой стенке корпуса пульта управления и имеет следующие положения «100», «50», «25», «ВЫКЛЧ». Аппаратуру прогревать необходимо в течение 3—4 ч, т. е. до момента соответствия градуировочных характеристик прибора с контрольными отсчетами.

О степени прогрева прибора можно судить также по периодичности отработки схемы термостабилизации — частоте зажигания красной лампочки и выходе стрелки указательного прибора ИП в красный сектор.

Аппаратура считается прогретой, если разница между контрольными отсчетами и градуировкой не превышает 0,2°. В случае несоответствия этих данных после положенного времени прогрева, производят коррекцию установки шкалы поддиапазона путем изменения смещения. Для этого в правом верхнем углу пульта управления, под предохранительной накладкой, имеется регулировочный резистор смещения шкалы, которым и корректируют градуировку на выбранном диапазоне измерений.

При исправной и прогретой аппаратуре все напряжения, выдаваемые блоком питания, должны соответствовать отклонению стрелки контрольно-измерительного прибора ИП в красном секторе.

После прогрева включается протяжка ленточной диаграммы самописца. Для контроля точности и стабильности работы радиометра рекомендуется выполнять контрольные сличения либо по модели черного тела, либо по сосуду с водой, температура которой строго известна.

Частота контрольных проверок зависит от гидрометеорологических условий, в которых работает прибор и от состояния самой аппаратуры.

Эксплуатация прибора производится как на ходу судна, так и в дрейфе при состоянии поверхности моря не более 6 баллов. При более сильном волнении на ходу судна (при скорости 15—16 уз) происходит заливание и забрызгивание бака, где установлен оптический блок. Прибор дает искаженные измерения и есть угроза потерять оптический блок вообще.

Наиболее ценные измерения прибор дает при отсутствии на поверхности океана ветровых волн, а сам прибор не испытывает больших колебаний от бортовой качки.

Градуировка ИК радиометра. Градуировка прибора является важнейшей операцией по подготовке прибора к работе, от тщательности которой во многом зависит точность измерения темпе-

ратуры воды. Она позволяет оценить значение выходного сигнала в градусах Цельсия, а также снизить при этом систематические инструментальные ошибки. Градуировка и контроль работы ИК радиометра могут осуществляться двумя методами:

1) по градуировочному устройству в виде ванны с водой, температура которой может меняться и измеряться с точностью ±0,05°С. Ванна с водой помещается под прибором на расстоянии не менее 30—40 см, таким образом, чтобы в поле зрения прибора не попадали стенки сосуда. Изменяя температуру воды в ванне и снимая соответствующие показания прибора при определенной температуре, строят градуировочный график. Градуировка по воде подробно изложена в Руководстве по работе с самолетным ИК радиометром;

2) градуировка по модели абсолютно черного тела более удобна в судовых условиях, когда пульт управления с самописцем разнесены на значительное расстояние от оптического блока.

Перед градуировкой ИК радиометра должна быть проверена градуировка модели черного тела. Градуировка черного тела может производиться в обычном термостате, например УТ-15.

Перед градуировкой проверяется чувствительность градуировочного устройства.

При градуировке радиометра с него снимается обтекатель, навинчивается градуировочное черное тело и подсоединяется блок измерения температуры градуировочного устройства. Для проведения градуировки необходимо:

— включить градуировочное устройство в сеть и дать ему прогреться;

— установить температуру черного тела в поверяемых границах;

— переключатель нагрева в градуировочном устройстве установить в автоматический режим;

— наблюдать показания ИК радиометра синхронно с градуировочным устройством.

При равномерном прогреве модели черного тела и нормальной чувствительности аппаратуры изменения показаний должны быть одинаковыми. В случае если наблюдается различие в показаниях более чем 1%, необходимо откорректировать чувствительность ИК радиометра переменным резистором (регулировка усиления). По полученным значениям температуры и показаниям градуировочного устройства строят градуировочный график.

Методика измерения температуры поверхности моря с судов. Нормальной работе ИК радиометра на судах мешают следующие факторы:

— кильватерные волны;

— пена, образуемая на поверхности воды от разбивания кильватерных волн;

— зона искусственной турбулентности, образуемая от движения корпуса судна и работы гребных винтов;

— интерференция ветровых волн и волн зыби у борта судна;

— сброс отработанных технических вод от различных силовых установок и бытовых устройств;

— радиопомехи от судовых радиостанций в виде наводок на электронно-измерительный тракт.

Как показывает опыт эксплуатации судов типа «Академик Ширшов» и научно-исследовательских судов погоды, на ходу при скорости 15—16 уз от носа до кормы и на расстоянии до 20—25 м от бортов идут кильватерные волны, нарушающие термическую структуру поверхностного слоя воды.

Одновременно с нарушением вертикальной структуры температуры, на поверхности воды образуется большое количество пены, имеющей несколько другой коэффициент излучения в инфракрасной области.

Для измерения температуры поверхности моря, не нарушенной корпусом судна, оптический приемный блок ИК радиометра необходимо устанавливать в носовой части судна.

Принимая во внимание, что в штормовых условиях нос судна обычно сильно заливается водой, оптический блок должен быть надежно защищен. Для защиты оптического блока от морской воды, он устанавливается в носовой части судна в специальной герметизированной шахте. Приемо-регистрирующий блок устанавливается в ближайшей лаборатории со стабильными температурными условиями, например, в гидрологической или в метеорологической лаборатории. Приемное устройство должно быть установлено с наименьшим наклоном к водной поверхности, чтобы в его поле зрения не попадала возмущенная форштевнем судна водная поверхность. Максимальный угол наклона к водной поверхности не должен превышать 20°.

Для измерения температуры поверхности моря как на ходу, так и в дрейфе, применяется одна и та же методика.

При измерении температуры ИК радиометром на ходу судна важно убедиться, что волнение моря не мешает проведению наблюдений. При наличии значительной бортовой качки (более 10° на каждый борт) наблюдения производить не рекомендуется.

Для регистрации температуры воды необходимо убедиться, что прибор прогрелся и вышел на режим измерения, предварительно следует проверить правильность градуировки по ванне или контрольному черному телу. При расхождении градуировки с контрольными измерениями по черному телу, ручкой смещения устанавливают соответствие градуировки с контрольными измерениями; устанавливают необходимый поддиапазон измерения температуры и включают лентопротяжку диаграммной бумаги на самописце. Если перо самописца ушло в какой-либо край (левый или правый) проверяют запись температуры на смежных поддиапазонах, после этого приступают к измерениям.

Запись температуры (короткопериодная) осуществляется в течение 15—20 мин. Перед началом измерений на ленте необходимо проставить дату, время и место наблюдений. Затем записывают

сопутствующие измерения (ветер, волнение, облачность, температура воздуха, влажность и др.). В конце записи на ленте отмечают время окончания записи. Все данные о каждой серии наблюдений ИК радиометром должны быть записаны в специальный журнал.

По окончании регистрации температуры выключают лентопротяжку диаграммной бумаги и модулятор.

При прекращении измерений на длительный срок ИК радиометр отключается от сети, оптическая головка зачехляется и надежно предохраняется от воздействия брызг и волнения.

При производстве длительных измерений на ленте самописца производятся следующие отметки:

— изменения скорости и курса следования судна,

— возникновение различных гидрометеорологических явлений (резкое понижение температуры воздуха, усиление или ослабление ветра, выпадение осадков, туманы, усиление волнения и др.);

— через 3 ч берутся контрольные отсчеты по градуировочному устройству для определения правильности и надежности работы аппаратуры,

— через 3 ч проводится запись результатов измерений в специальный журнал,

— не реже одного раза в сутки проверяют и в случае необходимости удаляют солевой налет с входного окна оптической головки,

— записывают амплитуду качки (левый борт, правый борт).

Первичная обработка лент самописца ИК радиометра осуществляется сразу после измерений в следующем порядке:

— производится разметка ленты по интервалам времени, соответствующим определенным расстояниям пути судна,

— снимаются значения температуры с ленты в зависимости от скорости движения судна, отсчеты значений температуры в делениях ленты снимают с точностью 0,5 деления,

— вводятся инструментальные поправки в измерения.

При снятии значений температуры иногда могут возникнуть трудности, связанные с отсортированием короткопериодных колебаний температуры, различных наслоений. Поэтому разметку ленты желательно поручать работникам, имеющим опыт работы в обработке лент.

Как показал опыт эксплуатации ИК радиометров с судов, прибор позволяет получать непрерывную информацию о температуре поверхности моря с точностью порядка 0,2°С.

Эти данные по точности работы прибора характерны для случаев, когда судно-носитель не испытывает бортовой качки, а угол визирования оптического блока нормален к водной поверхности. Качка и дифферент судна по амплитуде реальных колебаний 15—20° лежит в пределах точности измерения.

При значительной бортовой качке (30—35°) ошибки в измерении температуры могут достичь от 0,7 до 1°С и более.

Наиболее неблагоприятное влияние на точность измерения температуры воды оказывает состояние атмосферы, туманы и в меньшей степени осадки и отражение инфракрасной радиации поверхностью воды от облаков.

При тумане условия прохождения теплового излучения от поверхности воды значительно ослабляются парами воды, концентрация которых зависит в свою очередь от плотности тумана. При выполнении измерений температуры воды в условиях плотного тумана, как показала практика, результаты измерений могут быть занижены на 1—2°С.

Осадки в виде мелкокапельных дождей (морось), попадая в поле зрения прибора, вследствие поглощения ИК радиации, несколько занижают значения температуры воды. Одновременно на поверхности океана создается более холодный и распресненный слой воды с температурой ниже на 0,25—0,35°С.

Дожди с более крупными каплями увеличивают тепловой контраст до 0,4—0,6°С, а ливневые осадки вызывают понижение температуры воды до 1—2°С и больше.

В северных широтах аналогичное влияние на изменения поверхностной температуры воды оказывают осадки в виде снега. Например, снежные заряды уменьшают температуру поверхности моря до 0,5—1,0°С, а ливневый снег и снежная крупа — до 1,2—1,4°С.

При меняющейся облачности может происходить отражение ИК радиации от облаков нижнего яруса, которые имеют другую температуру по сравнению с небосводом. В этом случае судовой ИК радиометр может записать температуру воды, искаженную на 0,1—0,2°.

При производстве измерений температуры поверхности воды ИК радиометром, особенно при выполнении длительных записей по маршруту следования судна, необходим контроль над получаемой информацией. Как показала опытная эксплуатация ИК радиометров при работе в различных климатических зонах Мирового океана (тропиках, экваториальной зоне тропической конвергенции при постоянных ливневых осадках, в водах Антарктики и других районах) требуется осуществлять систематический контроль над его измерениями — абсолютными значениями температуры воды. При записи относительных изменений температуры такого контроля производить не требуется.

Наиболее полно удовлетворяет требованиям обеспечения контроля работы прибора ванна с водой и контрольное черное тело, однако, когда судно имеет полный ход, равный 15 уз и более, производить контрольные сличения на ветру не всегда возможно. Для оперативного контроля более целесообразно использовать навинчиваемое на вход прибора контрольное черное тело, температура которого может меняться и контролироваться в широких пределах. Для перехода от температуры контрольного черного тела к температуре воды океанической солености должны быть получены ко-

эффициенты связи (K) между температурой модели черного тела и эквивалентной температурой воды, определяемые:

$$K=\frac{T_{\text{а. ч. т}}}{T_{\text{экв}}}; \quad T_{\text{воды}}=KT_{\text{а. ч. т}}.$$

Здесь $T_{\text{а. ч. т}}$ — температура абсолютно черного тела, $T_{\text{экв}}$ — эквивалентная температура воды.

Определение (K) коэффициента перехода необходимо производить регулярно, так как излучение модели черного тела может измениться по каким-либо причинам, например из-за непостоянства чернящего покрытия во времени и др.

Надежный контроль работы прибора может быть произведен по синхронным измерениям при помощи малогабаритного термисторного или транзисторного датчика, находящегося на поплавке на поверхности воды в не нарушенной корпусом судна среде. К таким малогабаритным и малоинерционным датчикам можно отнести термисторы Агрофизического института типа МТ-54, либо транзисторные датчики температуры в диодном включении.

Судовый ИК радиометр предназначен для измерения температуры поверхности воды, которая может быть использована в следующих целях:

— изучение поверхностных тепловых процессов;

— при исследовании процессов таяния и льдообразования;

— изучение пространственно-временных температурных неоднородностей поверхности воды;

— изучение тепловых турбулентных процессов в поверхностной пленке воды;

— служить реперными точками при контроле спутниковых и самолетных наблюдений температуры поверхности воды;

— измерения температуры воды верхнего излучающего слоя воды для расчета теплового баланса ($Q_э$ — эффективное излучение, Q_c — притоки тепла за счет конденсации, Q_e — потери тепла за счет испарения);

— изучение влияния метеорологических факторов на формирование поверхностной температуры воды;

— для оперативной информации и прогнозов.

10.3. Температурные авиасъемки поверхности моря

В основу радиационного метода измерения температуры поверхности моря с самолета положено определение интенсивности излучения морской поверхности в инфракрасной области спектра, однозначно связанной с температурой поверхности.

Самолетный ИК радиометр предназначен для неконтактного измерения температуры поверхности моря с летательных аппаратов. Прибор дает возможность непрерывно регистрировать в градусах Цельсия температуру поверхности моря относительно определенной температуры излучения модели абсолютно черного тела, находящегося в оптической головке прибора.

Основные технические характеристики

Диапазон измерения температуры, °С	$-2 \div +30$
Угол зрения, °	$2\beta = 8{,}5$
Элемент разрешения на воде с высоты 200 м за 1 с	
для самолета Ли-2	30×100
для самолета Ил-14	30×120 м^2
Фокусное расстояние сферического зеркала $f_к$, мм	75
Герметическое относительное отверстие объектива	1 : 0,75
Пороговая чувствительность приемного устройства, Вт·Гц$^{-1/2}$	$(2—6) \cdot 10^{-10}$
Чувствительность прибора к перепаду температур во всем диапазоне измеряемых температур, °С	не хуже 0,1
Постоянная времени всего прибора, включая самописец, с	2,5
Средняя квадратическая ошибка измерения температуры, °С	±0,3
Спектральный диапазон измерения, мкм	7,5—13
Рабочая высота полета, м	200—500
Точность автоматической термостабилизации модели абсолютно черного тела, °С	не хуже 0,1
Питание от бортовой сети самолета, В	27
Потребляемая мощность, Вт	не более 750
Общая масса прибора, кг	не более 100
Габариты, мм:	
оптическая головка	$560 \times 450 \times 350$
блок основных усилителей	$530 \times 310 \times 250$
блок питания	$500 \times 310 \times 250$

Прибор состоит из следующих узлов: двухканальной оптической головки, предварительных усилителей, основных усилителей, синхронного детектора, электронного блока питания, регистрирующего прибора ПС-1,02, преобразователя ПО-300 А и стабилизатора типа С-0,28.

Блок-схема (рис. 10.2) состоит из двух основных частей: оптической головки и электронно-регистрирующего блока. Оптическая головка объединяет два идентичных оптических канала, каждый из которых имеет зеркальный объектив, приемник излучения и предварительный усилитель. Общими для обоих каналов являются: 1) абсолютно черное тело сравнения — эталонный источник излучения (АЧТ) с термодатчиками авторегулирования и измерения температуры; 2) узел модулятора с генератором опорного напряжения (ГОН) и 3) входной оптический фильтр.

Радиация, излучаемая морской поверхностью, попадает в оптическую головку через входной фильтр из инфракрасного стекла (ИКС-26), срезающий коротковолновую область спектра и имеющий пропускание 60—70% в ИК области спектра. В оптической головке лучистый поток модулируется двухсторонним зеркальным обтюратором, который расположен под углом 45° к оптической оси системы. Применение одного такого обтюратора позволяет в двух оптических каналах направлять на приемники излучения переменно с частотой 35 Гц радиацию от поверхности моря и от модели абсолютно черного тела.

Затем радиация собирается зеркальными объективами на приемники излучения — болометры, преобразующие тепловую энергию в электрические сигналы. Электрические сигналы, развиваемые приемниками, пропорциональны разности температур АЧТ

и морской поверхности и поступают по коаксиальным кабелям на входы блоков предварительных малошумящих усилителей (БПУ). Сигналы с БПУ с помощью коаксиальных кабелей подводятся на основные усилители. Усилитель каждого канала имеет достаточно узкую полосу пропускания частот для увеличения отношения сигнал/шум. Сужение полосы пропускания обеспечивается с помощью *RC*-фильтров, настроенных соответственно на 32 и 36 Гц. Одновременно в основной усилитель подается сигнал от генератора опорного напряжения, синхронно работающего с оптическим обтюратором. Это обеспечивает синхронное детектирование полезного сигнала и позволяет получать на выходе прибора постоянное напряжение, пропорциональное входному, которое регистрируется самописцами. Измерение температуры можно производить каждым из каналов в отдельности. Для количественной оценки регистрируемого сигнала прибор предварительно градуируется по имитатору морской поверхности (ванна с водой) с известной температурой поверхности воды. Задавая температуру имитатора морской поверхности и зная температуру эталонного источника (АЧТ), определяют соответствующее показание самописца. Определение абсолютного значения температуры поверхности моря производится путем алгеб-

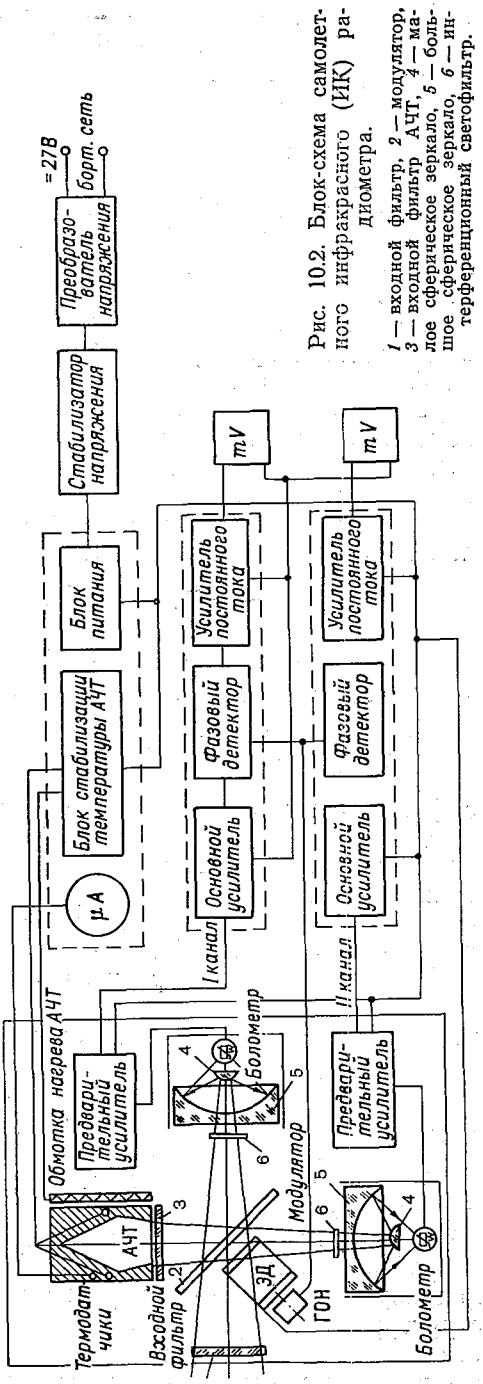


Рис. 10.2. Блок-схема самолетного инфракрасного (ИК) радиометра.

1 — входной фильтр, *2* — модулятор, *3* — входной фильтр АЧТ, *4* — малое сферическое зеркало, *5* — большое сферическое зеркало, *6* — интерференционный светофильтр.

раического суммирования показаний температуры, определяемой по самописцу, и поправки эталонного источника.

Работа оператора заключается в снятии отсчетов самописца после прогрева аппаратуры и модели АЧТ. Время прогрева аппаратуры около 40 мин и определяется температурой окружающего воздуха. Рабочий ток болометра после прогрева устанавливается равным 14 мА.

При работе прибора производится контроль за следующими характеристиками: рабочим током болометра, температурой эталонного источника (АЧТ), частотой питающего напряжения, рабочим напряжением питания.

Градуировка прибора является одной из важнейших операций по подготовке прибора к работе. От тщательности и точности проведения градуировки во многом зависит точность измерения температуры самим прибором. Градуировка прибора производится по воде, тем самым, в какой-то мере, исключаются ошибки, связанные с неточностью определения излучательной способности воды. Градуировка прибора производится следующим образом: на расстоянии не менее 1,5 м под прибором помещается сосуд с водой таким образом, чтобы в поле зрения прибора не попадали стенки сосуда. Температура воды должна измеряться с точностью не хуже 0,1°С и в процессе градуировки вода должна тщательно перемешиваться. Изменяя температуру воды (нагревая или охлаждая) и измеряя ее, одновременно снимают показания с электронного потенциометра при какой-то фиксированной температуре и строят градуировочный график эталонного источника.

Для полетов по авиасъемке температуры поверхности моря используются самолеты Ли-2 и Ил-14 в аэрофотосъемочном варианте с фотолюками в хвостовой части пассажирской кабины.

На самолете Ил-14 с точки зрения минимальных вибраций головку следует устанавливать над задним (ближнем к хвосту) фотолюком. На самолете Ли-2 головку рекомендуется ставить над фотолюком у правого борта, вдоль которого проходит сеть бортового питания (рис. 10.3).

Головка прибора крепится над фотолюком на специальной амортизирующей подставке. В поле зрения оптической головки не должны находиться посторонние предметы, особенно создающие тепловое излучение.

Самое серьезное внимание должно уделяться предохранению головки от непосредственного обдува нагретым или охлажденным воздухом, главным образом в холодный период года.

Авиасъемки температуры поверхности морей выполняются с целью изучения пространственного распределения температуры на стандартных разрезах и специальных маршрутах для оперативной информации и прогнозов температуры воды и льдообразования, изучения режима в оперативных локальных районах, изменения структуры температурного поля для изучения ее пространственной и временной изменчивости, включая суточный ход, изучения пространственной изменчивости температурного поля от

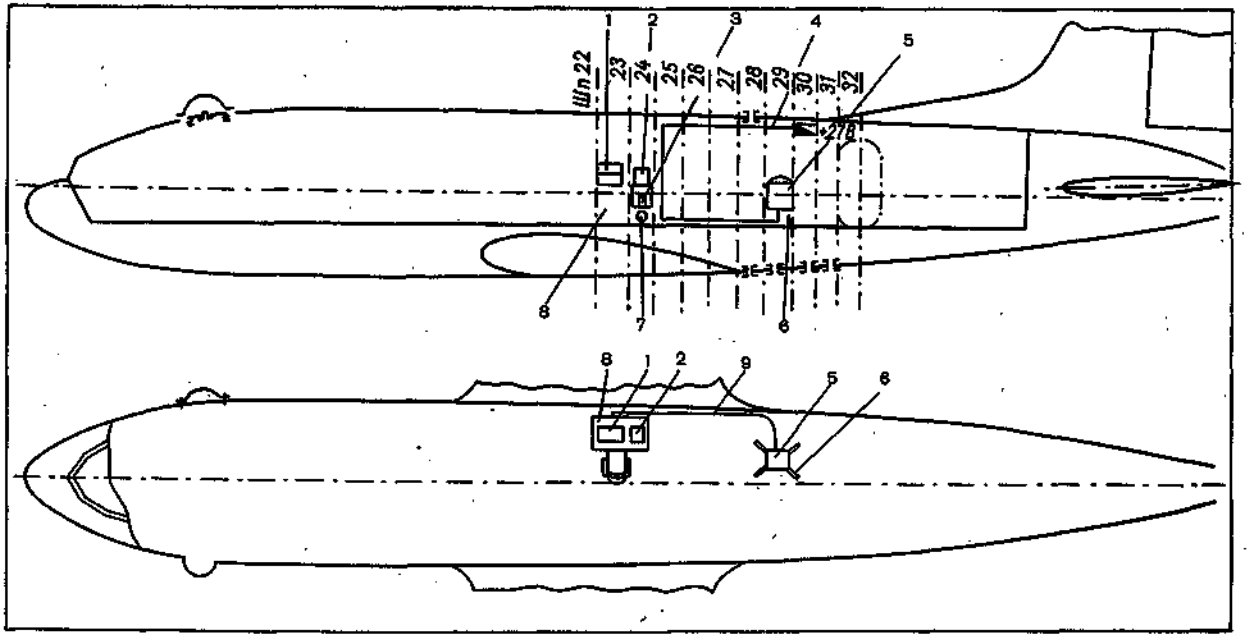


Рис. 10.3. Схема установки ИК радиометра на самолете Ил-14.

1 — усилитель с блоком питания, *2* — самописец, *3* — стабилизатор, *4* — подводка питания (27 В), *5* — оптическая головка, *6* — подставка под головку, *7* — преобразователь, *8* — стол оператора, *9* — соединительный кабель.

воздействия циклонической и антициклонической циркуляции атмосферы, измерения температуры поверхности для расчета вертикального ее распределения и установления границы слоя скачка и его интенсивности и др.

Наибольшее распространение пока получили авиасъемки по определенным маршрутам, используемые при составлении оперативных температурных карт моря. Для получения сравнительного материала наблюдений, галсы авиасъемок должны быть увязаны со стандартными океанографическими разрезами и станциями, регулярно выполняемыми океанографическими судами.

Авиасъемки для изучения режима моря планируют исходя из условий изученности, динамики водных масс и особенностей морского театра.

Для каждого моря выбирается такое количество маршрутов температурной съемки, чтобы их можно было выполнить не более чем за 20—30 летных часов. Слишком подробная частота галсов может растянуть авиасъемку по времени, в то время как значительно разреженные галсы приведут к искажению температурной картины моря. Сетка галсов должна равномерно покрывать все море и позволять детально освещать основные особенности его температурного поля.

На морях с большой повторяемостью квазипостоянных и приливных течений (Баренцево, Белое, Берингово и Охотское и др.) галсы температурных авиасъемок должны учитывать характер изменения и географическое положение основных их потоков.

В холодную половину года температурные авиасъемки, как правило, сочетаются с ледовыми авианаблюдениями.

Необходимо, чтобы съемки температуры поверхности воды привязывались к конкретным синоптическим условиям определенного типа циркуляции, характерной для естественного синоптического периода. Принимая во внимание, что продолжительность такого естественного синоптического периода равна 4—10 дням, съемку приурочивают к его середине.

Должно уделяться внимание получению информации о температуре и влажности забортного воздуха, для учета степени поглощения ИК излучения атмосферой. Для уменьшения влияния суточного хода температуры съемку рекомендуется производить при сравнительно однообразных атмосферных и гидрологических условиях, когда нет сильного прогревания поверхности моря. Например, при сплошной слоистой облачности.

На южных морях в летний период года в безоблачную погоду и при штиле условия для съемки являются неблагоприятными, так как суточный ход температуры может достигать несколько градусов.

Частота авиасъемок температуры на каждом море определяется изменчивостью температуры в поверхностном слое моря, а также требованием и запросами научных и народно-хозяйственных организаций. Наиболее часто авиасъемки должны производиться в пе-

риод весеннего прогрева, осеннего выхолаживания и реже в период максимального прогрева и выхолаживания.

Съемочные маршруты привязываются к принятым определенным океанографическим разрезам. Съемки могут также выполняться для специальных исследований по выяснению влияния отдельных гидрометеорологических элементов на поверхностное распределение температуры, резкое похолодание, очищение района от льда, после прекращения шторма и др.

В зависимости от целей и задач, стоящих перед авиасъемкой температуры, съемочные маршруты могут иметь различную протяженность и вследствие этого иметь специфическую прокладку курса:

— при измерении температуры на больших пространствах морей и океанов,

— при измерении температуры на ограниченных участках морской акватории,

— при изучении локальных особенностей температуры у берегов, в заливах и т. п.

В соответствии с приведенной спецификой протяженности съемочного маршрута производится и обеспечение самолетовождения при съемке температуры с применением инструментального, визуально-инструментального и визуального способов самолетовождения.

Наибольшие трудности, связанные с прокладкой и обеспечением необходимой точности самолетовождения, возникают при проведении длительных полетов над открытыми районами морей и океанов без наземных ориентиров. В этих случаях исключается возможность визуальной ориентировки не только по ориентирам на воде, но и по экрану радиолокатора. Поэтому здесь необходимо использование всех доступных средств ориентации и самолетовождения для более точного знания своего места. При недостаточном внимании к счислению пути может случиться так, что ошибка в определении места приведет к значительным погрешностям в определении поля температуры.

На самолете, выполняющем длительный полет над морем необходимо иметь комплексные навигационные системы, обеспечивающие самолетовождение с высокой точностью в любых условиях полета.

Прокладка съемочных курсов и координирование съемок вблизи побережья, в заливах осуществляется по крупномасштабным морским картам и хорошо заметным ориентирам, расположенным на мысах, островах и др. При полете со стороны открытых районов моря к берегу, производится определение невязки счисления, которая пропорционально разбрасывается на смежных съемочных курсах от берега и к берегу (при висячем маршруте — без привязки на конце галса).

Особая требовательность предъявляется к определению координат места самолета при выходе на съемочный галс и при его окончании. На больших маршрутах может наблюдаться изменение угла

сноса из-за перемены направления и скорости ветра, поэтому в процессе графического счисления пути штурман и бортоператор должны следить за постоянством углов сноса и при их изменении корректировать курс самолета. Поэтому при выполнении авиасъемок температуры как и при выполнении других видов съемок на борту самолета необходимо ведение графического счисления пути.

Густота галсов должна решаться дифференцированно, в зависимости от особенностей гидрологического режима каждого моря. Особое внимание должно уделяться прокладке маршрутов и выбору густоты галсов в прибрежной области, для которой характерны большие колебания температуры во времени и пространстве и большое влияние берега (геоморфологическое строение побережья и прибрежной области, количество и водность впадающих рек, метеорологический режим прибрежных районов суши и др.). Учитывая существующую сеть стандартных и вековых океанографических разрезов для изучения открытых районов морей, съемочные маршруты прокладываются не реже чем через 150—200 км, вблизи побережья значительно чаще.

Курсы самолета прокладываются нормально к ходу изотерм.

В комплект съемочного специального оборудования, необходимого для выполнения температурной авиасъемки, входят: ИК радиометр, градуировочное устройство, самописец типа ПС-02 или ЭПП-09, запасные изделия и приспособления к прибору, комплект электроизмерительной аппаратуры, аппаратура для измерения температуры и влажности забортного воздуха, журналы, карты по району полета.

Методика съемки температуры ИК радиометром состоит в следующем:

1) в выборе режима полета и гидрометеорологических условий во время съемки,

2) в обеспечении бесперебойной работы аппаратуры на самолете,

3) в привязке съемок к местности и репрезентативным пунктам наблюдений за температурой,

4) в выдаче результатов съемки в виде журналов, карт, профилей,

5) в сохранении постоянной скорости и высоты полета, обеспечивающих наиболее точное измерение температуры — скорость 180—250 км/ч, высота полета 200—300 м,

6) в обеспечении вертикального положения оси визирования прибора (крен и угол тангажа не должен превышать 20°),

7) в выборе условий съемки, при которых скорость ветра не превышает 7, а состояние поверхности моря 6 баллов, а также исключается появление болтанки, парения моря, низкой разорванной облачности (ниже 100 м), тумана, осадков, инверсии и большой разницы между температурой воды и воздуха (более 3—4°).

Измерение заключается в непрерывной регистрации температуры поверхности моря с рабочей высоты полета.

Процесс измерения состоит из следующих моментов:

1) дискретного съема значений температуры через 3—5 мин и производства оперативных отметок на ленте непрерывной записи самописца,

2) ведения графической прокладки маршрута полета и составления карты температуры.

Регистрация температуры осуществляется при помощи электронного автоматического потенциометра со скоростью протяжки ленты 9600—2400 мм/ч, регулируемой в зависимости от поставленных задач, и постоянной времени прибора не более 3 с.

В приборе на болометрах запись температуры идет как разность температур модели АЧТ и моря, поэтому для удобства дальнейшей обработки материалов необходимо, чтобы температура полости АЧТ поддерживалась на определенном уровне, а для получения наибольшей чувствительности и линейности разность температур модели АЧТ и моря была бы не больше 10° на всю шкалу.

При дискретных отсчетах на ленте самописца температура воды, соответствующая определенным участкам пути самолета, наносится на бланковую карту, на которой в конце полета проводят изотермы, характеризующие пространственное распределение температуры в районе съемки. После того, как на борту самолета составлена карта, при помощи фототелеграфной аппаратуры она передается по радио в заинтересованные организации.

Для контроля получаемой на борту информации по пространственному распределению температуры воды, необходимо осуществлять привязку наблюдений к судовым и прибрежным наблюдениям репрезентативных гидрометеорологических станций. При этом необходимо учитывать, что последние измеряют не температуру поверхности моря, а температуру поверхностного слоя. После получения контрольных измерений температуры воды, она также заносится на ленту и в журнал.

Первичная обработка результатов измерений сводится к снятию отсчетов в фиксированные моменты времени с указательного прибора (записанных на диаграммной ленте), привязке их к карте и внесению поправок:

— на поглощение слоем атмосферы,

— инструментальных систематических,

— случайных ошибок,

— на перевод радиационной температуры в истинную.

Систематические инструментальные поправки ИК радиометров вписываются в паспорт прибора и могут состоять из:

— поправок на градуировку прибора в целом,

— поправок на электротермометр контроля температуры модели абсолютно черного тела,

— поправок по результатам вертикального измерения температуры по высотам в полете,

— поправок, полученных расчетным путем по содержанию осажденной воды и измеренной температуре.

Определенные выше поправки на влияние атмосферы могут быть введены электрическим путем — коррекцией на температуру положения указателя самописца: в приборе ЛО ГОИНа—ЛИТМО смещением нуля самописца на соответствующее количество делений; в приборе ГГО — перемещением указателя реохорда при закрытой заслонке.

Первичная обработка результатов записей на диаграммной ленте сводится к снятию значений температуры в фиксированные моменты времени.

Снятие отсчетов с ленты осуществляется путем определения значений в милливольтах в масштабе для данного диапазона относительно нулевой линии. Полученный отсчет в градусах по градуировочной таблице заносится в журнал наблюдений.

По результатам съемок могут быть получены кроме оперативных карт подробные карты пространственного распределения температуры, по снимаемым с диаграммных лент более детальным значениям температуры; профили температур. Графики температуры строят по маршруту—разрезу, характеризующему распределение температуры по заданному направлению. Вычисляют различные статистические характеристики температуры в виде корреляционной и структурной функций и функции спектральной плотности.

10.4. Методы и средства измерения температуры поверхностного слоя моря (ТПСМ)[1]

Регулярные измерения температуры поверхностного слоя моря производятся на всех торговых, рыбопромысловых и научно-исследовательских судах, подающих оперативные синоптические телеграммы о состоянии погоды и моря. Для измерений пользуются различными приборами и методами, рекомендуемыми в Наставлении судовым гидрометстанциям, выпуск 9, ч. II и выпуск 9, ч. III [124, 125]. Самый простой и достаточно надежный способ — это измерение температуры ртутным термометром в оправе со стаканчиком. Термометр на лине опускают за борт с носовой части судна и погружают в море на всю длину оправы. Термометр поднимают, выливают воду из стаканчика и снова опускают; выдерживают в море 1 минуту, быстро поднимают и производят отсчет, сначала десятые доли, а потом целые градусы. При сильном волнении, во избежание ударов термометра о борт, измерения производят в воде, зачерпнутой ведром из поверхностного слоя моря.

Этим способом можно пользоваться при скорости судна не более 8—10 уз. Но так как современные суда движутся с большими скоростями, измерения температуры воды производят дистанционно термометрами сопротивления, устанавливаемыми в кингстоне, где они должны находиться в струе закачиваемой забортной воды. Отсчет производится на пульте управления судовой дистанционной

[1] Составили И. Л. Исаев, М. Ф. Науменко, Г. С. Иванов.

гидрометстанции ГМ-6 (СДС), устанавливаемой в штурманской рубке или в метеорологической (гидрологической) лаборатории. Недостатками этого метода являются: а) несравнимость измерений на разных судах и при переменной их осадке (измерения производятся на разных уровнях от поверхности, не строго в слое 0—1 м); б) термометр в кингстоне иногда измеряет не температуру моря, а температуру воды в кингстоне. Чтобы избежать этих недостатков рекомендуется применять буксируемый на кабеле в специальном батометре термометр сопротивления с дистанционным отсчетом на пульте СДС. Оригинальное устройство ГОИНа для измерения ТПСМ с движущихся судов [46, 47] предусматривает регулировку заглубления датчиков относительно переменной ватерлинии, а также теплозащиту их при выходе на воздух во время волнения и качки (рис. 10.4). На НИС «Валериан Урываев» в экспериментальном порядке установлены выдвижные трубки с датчиками температуры воды. Измерение производится также дистанционно и всегда в строго поверхностном слое (0—1 м).

На стандартных океанографических станциях (дрейфовых) температура поверхности измеряется глубоководными опрокидывающимися термометрами, закрепленными на раме верхнего батометра, подвешиваемого на тросе так, чтобы при качке судна термометры не выходили из воды в воздух.

Для специальных научных целей измерения стандартными методами не всегда применимы, так как они имеют существенные ограничения: а) точность измерений до 0,1°С; б) небольшой объем информаций из-за больших промежутков времени между отдельными измерениями; в) невозможность получения интегральных значений температуры за периоды времени между отсчетами. Указанные ограничения в большей степени устраняются применением термисторных и проволочных датчиков, обладающих сравнительно малыми геометрическими размерами, высокой чувствительностью ($0{,}01 \div 0{,}001$°С) и малой инерционностью (до 0,1 с), и позволяющих получать непрерывную информацию в течение больших интервалов времени. Закрепление таких датчиков на легких поплавках дает возможность измерить температуру практически у самой поверхности [129].

Пространственные измерения температуры поверхностного слоя моря. Основным прибором для получения непрерывной информации о температуре поверхностного слоя моря на больших акваториях в настоящее время служит электротермограф, первые макеты которого разработаны и сконструированы в Морском гидрофизическом институте АН УССР [58, 142]. Принципиальная блок-схема включает следующие элементы: буксируемый датчик температуры — линия связи, одновременно являющаяся буксиром,— измерительная схема—регистратор—самописец. Рассмотрим работу одной из последних усовершенствованных моделей ПИТ-1М.

Датчик температуры представляет собой полупроводниковый термистор типа МТ-54 (температурный коэффициент сопротивления $\alpha = 2 \div 3\%$ на 1°С, постоянная времени в спокойной воде $\tau =$

=0,1 с), вмонтированный в специальный медный или латунный корпус. Конструкция корпуса обеспечивает герметичное соединение датчика с кабелем-буксиром, механическую прочность и защиту от повреждений, защищает от коррозии и обрастания в морской

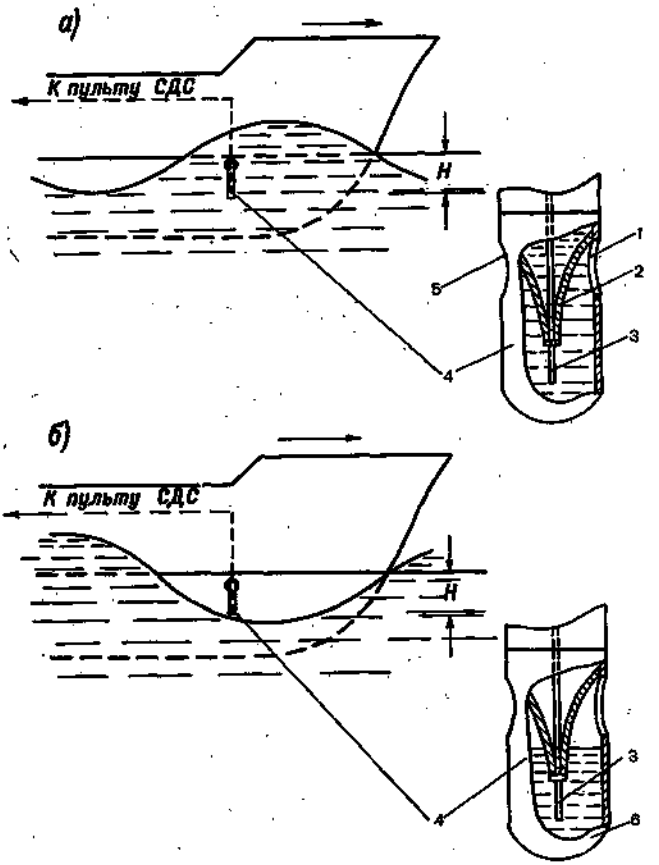


Рис. 10.4. Схема выдвижного датчика ТПСВ.

а — проточный режим (датчик под водой), *б* — накопительный режим (датчик на воздухе).
1, 5 — входное и выходное отверстия проточной части, *2* — своды камеры, *3* — датчик дистанционного измерителя температуры, *4* — выдвижная трубка с проточно-накопительной камерой, *6* — накопительная часть камеры, *H* — толщина поверхностного слоя.

воде, а также позволяет проводить градуировку в полевых условиях и быстро заменять вышедшие из строя термисторы.

Схематический вид корпуса с датчиком представлен на рис. 10.5.

Для улучшения стабильности температурной характеристики $R=f(T)$ производится искусственное «старение» термисторов путем выдерживания их под повышенным током питания длительное время.

Линией связи служит кабель со сталистыми жилами в резиновой оплетке (типа КТШ-03), рассчитанный на большие динамические нагрузки. Линия связи должна быть экранирована от электрических помех. Чтобы избежать ошибок в измерениях, вызываемых изменением сопротивления кабеля вследствие перепада температур на его концах (при перепаде $\Delta T \approx 20°$ ошибка достигает 0,5°С), применяются двухпроводные и трехпроводные схемы включения. Для термисторов, сопротивление которых на три порядка выше сопротивления кабеля, используются двухжильные кабели, а термометры сопротивления (проволочные) требуют применения трехпроводной схемы включения. В качестве схемы измерения используется схема неуравновешенного моста постоянного тока, одним из плеч которого является датчик температуры, а плечом сравнения служит прецизионный магазин сопротивления (типа Р-33). Температура воды определяется путем измерения разбаланса сопротив-

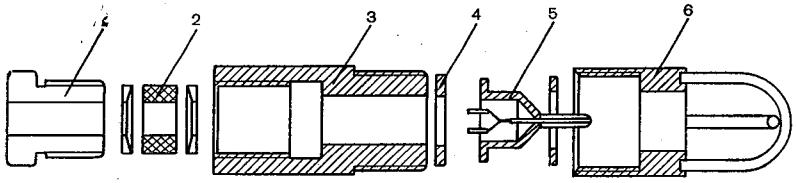


Рис. 10.5. Схематический вид ПИТ-1М с датчиком.

1 — зажимная гайка сальника, *2* — резиновый сальник, *3* — корпус, *4* — резиновая уплотняющая шайба, *5* — термистор в оправе, *6* — защитная накидная гайка.

ления датчика. Питание схемы от источников постоянного тока подбирается таким образом, чтобы избежать перегрева термистора. Лабораторные исследования показали, что при напряжении питания 1,5 В и рассеиваемой термистором мощности 300 мкВт перегрев в диапазоне скоростей буксировки от 3 до 7 м/с меняется незначительно и не превышает 0,005°С. В схеме предусмотрена автоматическая перестройка диапазона измерений в пределах от —1 до 34°С, что позволяет получить высокую чувствительность (0,01°С) и существенно уменьшить влияние нелинейности температурной характеристики термистора. Чувствительность измерителя устанавливается в 1; 2 и 4 градуса на шкалу. Регистратором служит электронный самопишущий потенциометр типа ЭПП-09, либо ПС-1-02 со шкалой 10 мВ и временем пробега кареткой всей шкалы 1 с. Запись производится на диаграммную ленту. Для удобства последующей обработки могут быть введены устройства подачи меток времени и пройденного расстояния.

Измерительная схема, выполненная в виде блока-приставки, вместе с самописцем образует единый комплекс, располагающийся в лаборатории на судне. Общий вид комплекса электротермографа ПИТ-1М показан на рис. 10.6.

Методика экспедиционных работ. Специальные исследования показали, что при буксировке датчиков со скоростями до 16—18 уз

Рис. 10.6. Общий вид комплекса электротермографа ПИТ-IМ.

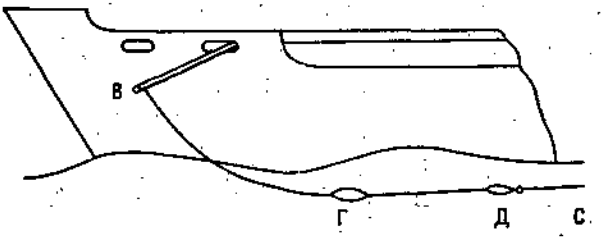


Рис. 10.7. Удобный и надежный вариант буксировки датчиков.

и волнении моря до 6—8 баллов можно применять несколько способов расположения датчика в набегающем потоке. Жесткое закрепление датчика на конце прочной трубы, приваренной к форштевню так, чтобы при движении судна по взволнованной поверхности датчик не выходил из воды, обладает существенным недостатком — при большой амплитуде килевой качки датчик будет совершать большие колебания в поверхностном слое. Более рациональны способы буксировки датчика на кабель-тросе, осуществляемые в следующих трех вариантах:

а) датчик на кабеле опускается вдоль борта судна из клюза в носовой части;

б) датчик отводится от борта судна с помощью выстрела длиной 5—6 м;

в) датчик закрепляется на специальном отводителе на 15—20 м от борта судна.

Все эти варианты обеспечивают надежное нахождение буксируемого датчика в приповерхностном слое 20—25 см и могут использоваться в зависимости от состояния поверхности моря. Наиболее удобным и надежным следует считать вариант *б*, который схематически показан на рис. 10.7. Обтекаемый груз *Г* массой 3 кг, который обеспечивает нахождение датчика *Д* в приповерхностном слое, подвешивается на кабель-тросе, закрепленном на конце выстрела *В*, снабженного амортизатором для смягчения рывков и больших усилий. Датчик *Д* располагается навстречу потоку так, что образуется петля кабеля, за которую крепится капроновый фал *С*, выполняющий функции стабилизатора. Размеры участков системы для судна при максимальной скорости буксировки 12 уз таковы: $ВГ=30\div35$ м, $ГД=8\div10$ м, $ДС=4\div5$ м.

Обработка результатов заключается в предварительном визуальном анализе и выборе стационарных участков для статистической обработки. В зависимости от конкретных задач производится дискретный объем значений температуры и формируются ряды для последующего перфорирования и ввода в ЭВМ. В экспедиционных условиях можно производить параллельно с записью непосредственный ввод в судовую ЭВМ данных в процессе измерения.

Градуировка прибора выполняется, как правило, в береговых условиях в два приема. Сначала строится кривая зависимости сопротивления датчика от температуры, затем с помощью образцового магазина сопротивлений в качестве имитатора по полученной зависимости $R=f(T)$ настраивается прибор. В экспедиционных условиях целесообразно раз в месяц производить проверку прибора, помещая датчик в объем воды с контролируемой температурой. В случае расхождения показаний прибора с показаниями контрольного термометра необходимо произвести подстройку прибора с помощью встроенного магазина сопротивлений.

Хранение прибора производится в соответствии с общими требованиями для хранения радиоэлектронной аппаратуры.

Глава 11. ВЗЯТИЕ ПРОБ ВОДЫ С РАЗНЫХ ГЛУБИН

11.1. Назначение проб воды и необходимые их объемы

Пробы воды с различных глубин берутся на всех гидрологических станциях для определения физических и химических свойств (солености, плотности, электропроводности, радиоактивности, оптических характеристик и др.) и для исследования содержащихся в воде в растворенном или во взвешенном состоянии неорганических и органических веществ и находящихся в ней газов, а также веществ, загрязняющих воду (нефтепродукты, тяжелые металлы, фенолы, детергенты и пр.).

Цели и методы дальнейшего исследования обусловливают способы получения проб и их хранение. Однако основным и общим требованием является получение пробы точно с заданного горизонта и предохранение ее от перемешивания с водой других слоев, от испарения и от химического воздействия прибора, которым набирают пробу, и посуды, в которой она будет храниться.

Специальные требования предъявляются к отбору проб на химические загрязнения с поверхности моря:

а) пробы следует брать в носовой части судна, где поверхность моря не загрязняется нефтью и другими отходами с судна;

б) не следует брать пробы на поверхности в пятнах нефти (если нет специального задания);

в) следует различать пробы, берущиеся специальной аппаратурой с самой поверхности моря (пленочные пробы), и пробы из поверхностного слоя, последние обычно берутся ведром или батометром.

Объемы проб воды. 1. Для определения солености воды и содержания кислорода объем пробы должен быть не менее 300 см^3.

2. Для определения стандартного комплекса гидрохимических элементов (соленость, кислород, фосфор, кремний, азот, щелочность, концентрация водородных ионов) объем пробы должен быть не менее 1000 см^3.

3. Для определения веществ химических загрязнителей объем пробы должен быть не менее 7—10 л.

4. Для определения радиоактивности воды объем пробы должен быть в несколько десятков литров (50—200 л).

Пробы воды с поверхности моря обычно зачерпываются чистым эмалированным, полиэтиленовым или оцинкованным ведром. Для взятия пробы воды с глубин моря служат батометры, представляющие собой цилиндрические сосуды с клапанами или крышками, закрывающимися под водой на заданной глубине.

В СССР наиболее употребителен батометр морской БМ-48 (батометр типа Ф. Нансена). В последние годы при гидрологических работах в Северном Ледовитом океане и южных частях океанов получили большое распространение батометры системы Ю. К. Алек-

сеева[1], разработанные в Арктическом и антарктическом научно-исследовательском институте.

Распространение приобрели также автоматические батометры-батитермографы, позволяющие получить как на малом ходу, так и на стоянке судна запись распределения температур и плотностей воды по вертикали. Среди этих приборов наибольшее распространение получил автоматический батометр-батитермограф АБТ-V (ГМ-7-III), предназначенный для взятия за один спуск проб морской воды на горизонтах 10, 15, 25, 50, 75, 100, 150 и 200 м, с одновременной записью температуры воды в слое от поверхности до 200 м.

В последнее время на крупных океанографических судах, снабженных электронными вычислительными машинами, начали использоваться новые высокопроизводительные зонд-батометры, передающие на судно по электрическому кабелю данные о температуре воды, ее электропроводности (солености) и глубине погружения прибора. К числу таких приборов относится описанный в данном Руководстве электрический зонд-батометр, который был разработан в ЦКБ ГУГМС.

Зонд-батометр ЦКБ ГУГМС позволяет, кроме передачи по кабелю на борт судна данных о температуре воды, ее солености и глубине нахождения зонда, брать по мере погружения прибора до 27 отдельных проб воды в специальные батометры емкостью около 1000 мл, укрепленные на корпусе гидрозонда. Прибор рассчитан для погружения до глубины 2000 м (последний образец до 4000 м) и выдает свою информацию в коде МТК-2, позволяющем вводить поступающие данные непосредственно в судовую электронную вычислительную машину.

11.2. Батометр морской модернизированный БМ-48

Устройство батометра. Батометр (рис. 11.1) имеет длину 65 см, массу 4,3 кг, емкость 1 л, он состоит из латунного цилиндра *4*, окрашенного в белый или серый цвет. На обоих концах цилиндра имеются крановые затворы *2* со щелевидными отверстиями длиной около 60 и шириной 12 мм. Трение кранов регулируется спиральными бронзовыми пружинами, которые прижимаются к кранам гайками. К расширенным концам обоих кранов прикреплены два параллельных рычага *8*, посредством которых краны закрываются и открываются. Концы рычагов соединены на шарнирах со штоком *12*, этим достигается одновременность действия обоих кранов.

Для предохранения запорных кранов от самопроизвольного открывания на штоке имеется конусный выступ, который при опрокидывании батометра заскакивает за прикрепленную к батометру пластинку *11* и тем самым прочно удерживает краны в закрытом

[1] Название прибора установлено Комитетом по делам изобретений и открытий при СМ СССР. Авт. свид. № 204684, 1967 г.

состоянии. Прибор крепится к тросу с помощью зажимного устройства *9* на нижнем конце батометра и спускового устройства *1* на верхнем конце. Ударом посыльного груза, скользящего по тросу, батометр опрокидывается и закрывается на заданной глубине.

Для подвешивания и сбрасывания посыльного груза на расположенный ниже батометр на зажиме смонтировано сбрасывающее устройство *10*.

Зажимное устройство (рис. 11.2) состоит из: основания зажима *1* с укрепленным в перпендикулярной плоскости его болтом *6*; прижимной планки *4*, прикрепленной к основанию зажима, планка

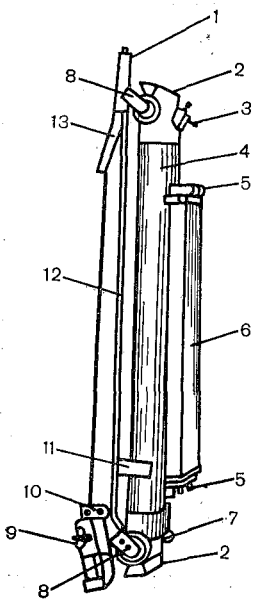


Рис. 11.1. Батометр морской БМ-48.

1 — спусковое устройство, *2* — крановые затворы, *3* — сливной кран, *4* — латунный цилиндр, *5* — угольники, *6* — оправа, *7* — воздушный клапан, *8* — рычаг, *9* — зажимное устройство, *10* — сбрасывающее устройство, *11* — пластинка, *12* — шток, *13* — направляющая пластина.

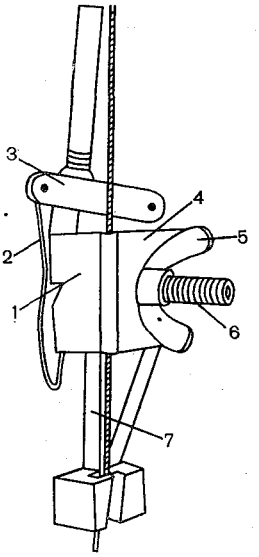


Рис. 11.2. Зажимное устройство морского батометра.

1 — основание зажима, *2* — крючок, *3* — рычаг, *4* — прижимная планка, *5* — барашек, *6* — болт, *7* — кронштейн.

имеет отверстие для болта, на который навинчивается барашек *5*, с его помощью планка прижимается к основанию зажима; кронштейна *7*, являющегося продолжением основания, он служит для придания большей жесткости вертикальному положению зажима, вокруг которого при опрокидывании батометра вращается весь прибор.

К зажиму прикреплено сбрасывающее устройство. Оно состоит из рычага *3* с плоской пружиной и из входящего в запил основания зажима крючка *2*, на который подвешивается посыльный груз.

Спусковой механизм состоит из цилиндра *2* (рис. 11.3) с продольным пазом. В верхней части цилиндра имеется косая прорезь, в которую входит изогнутый стержень *3*, связанный со штифтом *4*, выдвигающимся наверх при помощи спиральной пружины, находящейся в цилиндре. К нижней части цилиндра прикреплена направляющая пластинка *1* (*13* на рис. 11.1).

Трос проходит по продольному пазу цилиндра, а стержень, находясь в верхнем положении, закрывает паз и скрепляет таким образом верхнюю часть батометра с тросом. Под действием посыльного груза штифт оседает и увлекает за собой изогнутый стержень, который, двигаясь по косой прорези, отходит от паза и освобождает трос, вследствие чего батометр переворачивается на 180° и повисает на зажиме. В первую половину своего поворота батометр вращается вокруг оси зажима, а во вторую — вокруг пробки нижнего крана. Это происходит потому, что имеющийся на зажиме винт после поворота батометра на 90° упирается в рычаг *8* (рис. 11.1) пробки нижнего крана и тем самым принуждает прибор вращаться уже не вокруг зажима, а вокруг пробки крана. При этом происходит одновременный поворот на тот же угол (т. е. на 90°) и пробки верхнего крана, так как во время поворота батометра шток, соединяющий оба крана, перемещается вдоль корпуса и увлекает за собой рычаг пробки верхнего крана. При опрокидывании батометра посыльный груз, освободив верхний конец прибора от соединения с тросом, скользит по тросу далее и ударяет по рычагу *3* (рис. 11.2) сбрасывающего устройства. Конец рычага опускается под тяжестью посыльного груза и выдвигает загнутый конец крючка *2* из запила основания *1* зажима. Если на этот крючок был подвешен посыльный груз, то он соскакивает с крючка и скользит по тросу вниз до встречи со следующим батометром и заставляет его опрокинуться. Первый же груз остается на рычаге сбрасывающего устройства. На рис. 11.4 изображены три положения морского батометра: I — во время выдержки батометра на горизонте в заряженном состоянии; II — сразу после удара посыльного груза; III — в перевернутом на 180° положении с закрытыми кранами и зафиксированной температурой воды на заданном горизонте.

В верхней части батометра имеется сливной кран *3* (рис. 11.1), а в нижней — воздушный клапан *7*, который при выливании воды приоткрывается для доступа воздуха в батометр. К батометру прикреплены два угольника *5*, на которых укрепляется оправа *6* для глубоководных термометров и термоглубомеров.

Основные требования. 1. Запорные краны должны открываться и закрываться без затруднений. Трущиеся поверхности кранов не имеют окисла, забоин, царапин и других дефектов.

2. Штифт спускового устройства при нажатии на него должен весь уходить в цилиндр, а при освобождении — возвращаться в крайнее верхнее положение. Изогнутый стержень не должен иметь каких-либо повреждений и должен закрывать всю прорезь цилиндра. При нажатии на штифт изогнутый стержень должен полностью открывать всю прорезь.

3. На зажимном устройстве резьба в барашке и на болте барашка не должна быть сорванной и поврежденной. Прижимная планка должна свободно открываться и не должна быть погнутой.

4. Сливной и воздушный краны должны быть в исправности. Сливной кран не должен самопроизвольно открываться;

5. Оправа для глубоководных термометров должна надежно запираться запирающим болтом. Гильзы оправы не должны быть помятыми и перекошенными. Пробки на гильзах должны легко ввинчиваться;

6. Окраска и никелировка на приборе не должны иметь повреждений;

7. Батометр должен быть укомплектован не менее, чем двумя посыльными грузами.

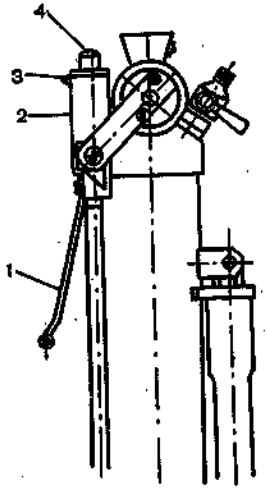


Рис. 11.3. Спусковой механизм морского батометра.

1 — направляющая пластина, *2* — цилиндр, *3* — стержень, *4* — штифт.

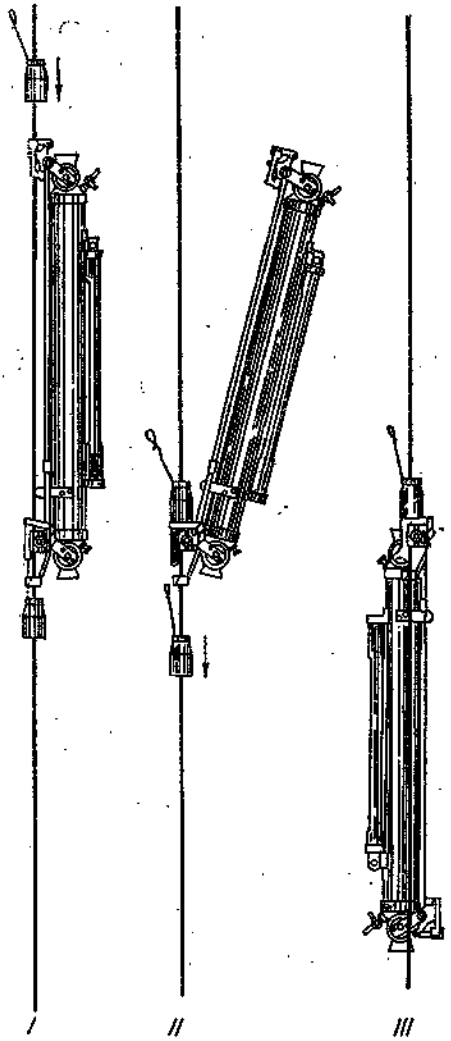


Рис. 11.4. Морской батометр в трех различных положениях.

11.3. Морской батометр ААНИИ системы Ю. К. Алексеева [1]

Устройство батометра. Батометр рассчитан на взятие проб воды объемом около 220 см^3, длина его 38 см, масса около 1,5 кг.

[1] Составлен Ю. К. Алексеевым.

Батометр (рис. 11.5) состоит из латунного корпуса *6*, выполненного в форме открытой с концов трубы, закрепляемой с помощью винтовых зажимов на тросе *1*. На концах корпуса укреплены вращающиеся на шарнирах крышки *4*, *7* с резиновыми уплотнительными прокладками. Пружина *5*, проходящая внутри корпуса (или, как вариант исполнения, пружины, закрепленные на шарнирах крышек), предназначена для захлопывания крышек в момент срабатывания батометра и удержания в нем взятой пробы воды.

Для определения температуры воды батометр снабжен двумя глубоководными термометрами *12*, заключенными в двойной оправе *13*, способной поворачиваться вокруг горизонтальной оси *9*, совмещенной с осью вращения шарнира нижней крышки батометра.

При опускании батометра в воду крышки *7* и *4* удерживаются в открытом положении за счет упора их в оправу (рис. 11.6, положение *А*). Термометры ориентированы вертикально резервуарами с ртутью вниз и удерживаются в этом положении пружинной защелкой *3* (рис. 11.5). Срабатывание батометра на глубине происходит так же, как и у морского батометра БМ-48, под действием посыльного грузика *2*, надетого и опускаемого по тросу, на котором подвешен батометр. Добегая до батометра, грузик ударяет в пружинную защелку *3* и освобождает оправу *13*. Последняя, поворачиваясь под действием рычагов *10* и *14* и пружины *5*, а затем и своего веса, позволяет крышкам батометра захлопнуться и сама свободно повисает на оси *9* в перевернутом положении (рис. 11.6, положение *Б*).

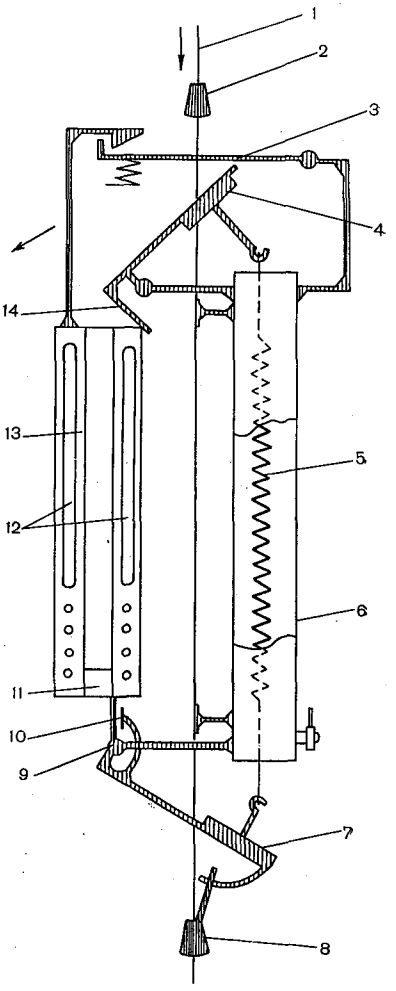


Рис. 11.5. Схема морского батометра системы Ю. К. Алексеева.

1 — трос, *2*, *8* — посыльные грузики, *3* — пружинная защелка, *4*, *7* — вращающиеся крышки, *5* — пружина, *6* — латунный корпус, *9* — горизонтальная ось, *10*, *14* — рычаги, *11* — грузик-боек, *12* — глубоководные термометры, *13* — двойная оправа.

Для обеспечения надежного отрыва столбиков ртути в термометрах служит вложенный между ними в оправу подвижный грузик-боек *11*. При перевертывании оправы грузик-боек скользит, под действием своего веса, вдоль

оправы и, падая, ударяет о верхнюю планку оправы, усиливая тем самым ее встряхивание, необходимое для уверенного отрыва столбиков ртути.

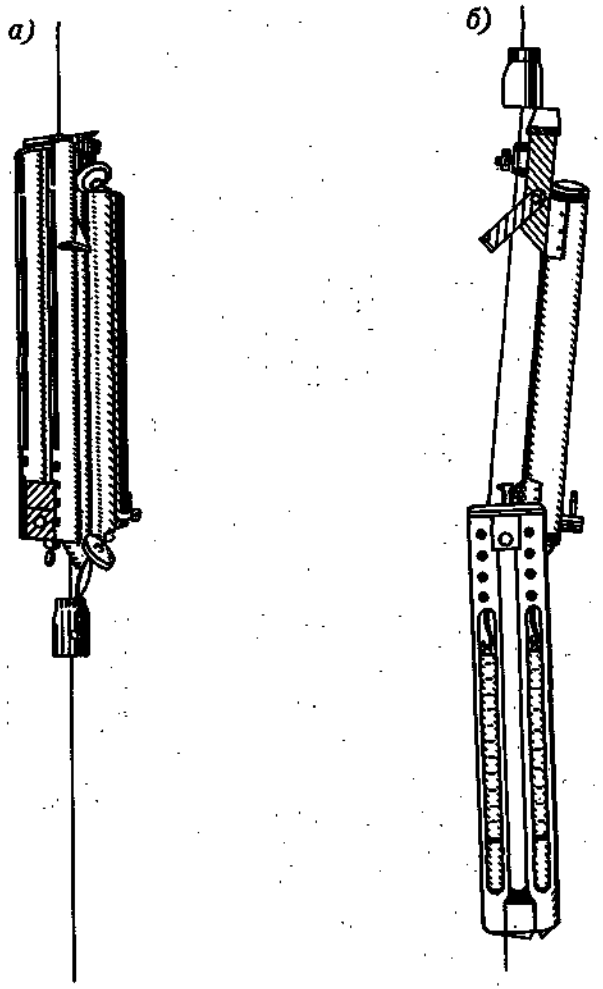


Рис. 11.6. Морской батометр системы Ю. К. Алексеева в двух положениях.

а — до срабатывания, *б* — после срабатывания.

Для удобства отсчета показаний термометров оправа с термометрами может быть быстро отделена от батометра и снята с оси *9*. С этой целью необходимо отвернуть вручную на 2—3 оборота винт с накатанной головкой, удерживающий оправу на оси, после чего она легко сдвигается вдоль этой оси и отделяется от корпуса батометра.

Батометр Алексеева может быть легко и быстро разобран на отдельные части для чистки и промывки. Разборка производится без применения инструментов. Сначала с батометра снимается оправа с термометрами. Затем, преодолевая усилие пружины *5*, оттягивают рукой на 1—2 см вдоль корпуса любую из крышек батометра, в результате чего загнутый под углом край крышки, входящий в щелевую прорезь на оси крышки, выйдет из прорези и крышку можно будет переместить вбок. После этого тянувшая крышку пружина *5* может быть зацеплена своим концевым крючком за край корпуса *6* и освобождена от зацепления с крышкой. Аналогичным образом снимается и другая крышка. Вслед за этим могут быть без труда вынуты обе оси, на которых вращались крышки и весь батометр оказывается разобранным на главные части. Термометры вынимаются из оправы после отвертывания винта, расположенного на нижней торцевой крышке оправы и поворота этой крышки на 90°. Сборка прибора производится в обратном порядке.

Благодаря своему малому весу батометры Алексеева могут подвешиваться сериями до 15—20 штук, на относительно тонких тросах и опускаться на большие глубины. Выпускаемые в данное время батометры рассчитаны на подвешивание их на тросах диаметром от 1,2 до 6,0 мм вместе с прилагаемыми к ним посыльными грузиками. В случае необходимости батометры могут применяться и на тросах большего диаметра, для чего требуется увеличить размер зажимов батометра и диаметр отверстия в посыльном грузике.

Батометры хранятся и перевозятся в ящиках, в которых они находятся в вертикальном положении, по шесть штук в каждом ящике. Батометры укладываются в ящики с открытыми крышками.

Работа с батометрами. Взяв батометр за корпус левой рукой, поворачивают оправу с термометрами в направлении по часовой стрелке, в результате чего поочередно открываются сначала нижняя, а затем верхняя крышки прибора и оправа встанет на пружинную защелку *3* (см. рис. 11.5). После этого, осмотрев состояние столбиков ртути в термометрах (ртуть должна быть опущена в капиллярах до соединения с ртутью в резервуарах термометров), батометр закрепляют на тросе с помощью винтового зажима, закрепленного на кронштейне в верхней части корпуса батометра. Предварительно трос должен быть продет в направляющий вилкообразный вырез, расположенный в нижней части батометра.

В случае подвешивания на одном тросе серии из нескольких батометров, опускаемых на различные горизонты, их последовательное срабатывание осуществляется уже описанным ранее способом путем подвешивания на крючке нижней крышки каждого батометра (кроме нижнего) посыльных грузиков *2*, *8*, которые освобождаются при захлопывании этих крышек и сбегают по тросу вниз, вызывая поочередное срабатывание.

Подвешивание посыльных грузиков под крышками батометров рекомендуется производить перед закреплением батометра на тросе, после закрепления батометра грузик надевается на трос.

Пробы воды из батометра, поднятого на борт судна, берут, повесив батометр к стойке на крючек за проушину, имеющуюся в стенке верхнего кронштейна корпуса батометра. Для удобства набора проб воды, например при ветре, на носик батометра может быть предварительно надета мягкая резиновая трубка необходимой длины, нижний конец которой вводится внутрь склянки, в которую берут пробу. При исправном состоянии резиновых прокладок под крышками батометра, вода из краника батометра при открывании его не вытекает. Выпуск ее можно регулировать, приподнимая слегка верхнюю крышку *4*, путем нажатия рукой на ее рычаг. Быстрое удаление воды, оставшейся в батометре после взятия проб можно осуществить открыв полностью нижнюю крышку *7*.

11.4. Батометры большого объема

Батометр (ГМ-42). Разработанная НИИ ГМП в 1963 г. (рис. 11.7) модель изготовляется целиком из нержавеющей стали и представляет собой полый цилиндр *9* диаметром 250 и длиной 1100 мм, лежащий на прикрепленных к нему ножках. Объем батометра 54 л, масса без воды около 25 кг. Батометр позволяет забирать пробы воды с разных глубин. Он опускается и поднимается на тросе при помощи лебедки и блок-счетчика. Время опорожнения батометра не превышает 3 мин. Прибор прошел государственные сдаточные испытания.

Устройство батометра. На обоих концах корпуса батометра расположены откидные крышки *10*. Тросы *4* (по одному с каждой стороны батометра) пропускаются через скобки *11* и своими концами прикрепляются болтами по бокам крышек. В тросы вплетены коуши, которыми они через общее кольцо подсоединяются к крюку размыкающего устройства.

Концы троса *3*, захлопывающего крышки и поддерживающего их в закрытом положении, пропускаются через ролики *1* и болтами крепятся к крышкам сверху. Коуш, вплетенный в трос *6*, через такелажную скобу неразъемно подсоединяется к размыкающему устройству.

В качестве размыкающего устройства для батометра используется планктонный вертлюжный размыкатель ПВР-60, разработанный Институтом океанологии Академии наук СССР.

При опускании батометра крышки его открыты и тросами *4* прижимаются к ножкам батометра, трос *3* находится в свободном (ненатянутом) состоянии. Посыльный груз *5*, опускаясь по тросу *6*, ударяет по штоку размыкающего устройства. При этом освобождается система тросов *4*, и под действием собственного веса батометр опускается несколько вниз и натягивает трос *3*, который закрывает крышки батометра. Водонепроницаемость батометра обеспечивается при помощи резиновых прокладок в виде дисков, закрепленных на крышках.

Для исключения самопроизвольного закрытия крышек при сильном волнении, тросы *4* дополнительно пропускают через кольца

приваренные к ножкам батометра. Около каждой крышки имеются по два накидных болта *2*, которые обеспечивают водонепроницаемость батометра в положении, когда система тросов *3* не натянута весом прибора (батометр стоит на ножках, приваренных снизу к корпусу прибора).

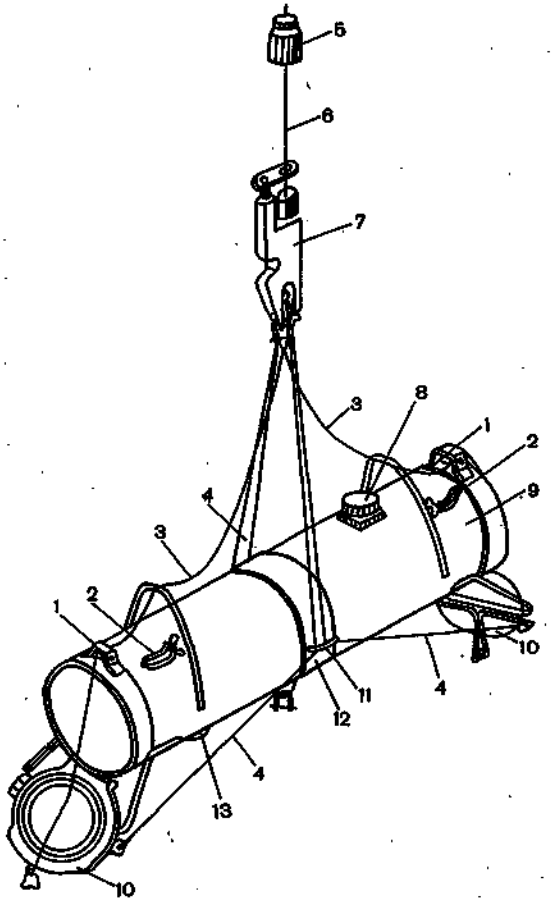


Рис. 11.7. Батометр ГМ-42 большого объема.

1 — ролики, *2* — накидные болты, *3* — тросы, управляющие крышками, *4* — концы тросов, *5* — посыльный груз, *6* — трос подвески батометра, *7* — разъединитель, *8* — крышка воздушного отверстия, *9* — полый цилиндр, *10* — откидные крышки, *11* — скобки, *12* — хомут, *13* — клапан слива воды.

Рядом с крышками с каждой стороны корпуса приварены две ручки, а посередине — хомут *12*, в котором имеется отверстие для крепления дополнительного груза.

Посыльный груз по конструкции не отличается от стандартного посыльного груза, но имеет несколько бо́льшую массу — 800 г.

Слив воды из батометра может производиться в двух положениях: из подвешенного за тросы прибора или же установленного на специальной подставке. В последнем случае крышки прибора должны быть затянуты накидными болтами с барашками, завинчиваемыми вручную.

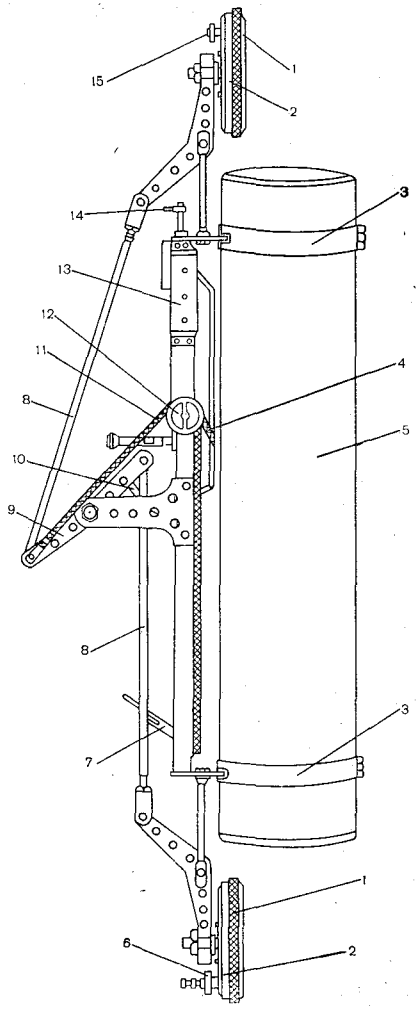


Рис. 11.8. Пластмассовый батометр для взятия проб воды на загрязнение.

1 — резиновые прокладки, *2* — крышки, *3* — хомутики, *4* — резиновая пластина, *5* — пластмассовый цилиндр, *6* — штуцер, *7* — приспособление для подвески посыльного груза, *8* — тяги, *9* — кулиса с пазом, *10* — зуб, *11* — резиновые тяжи, *12* — ролики, *13* — ручка, *14* — шток, *15* — штуцер.

Для обеспечения слива воды из батометра, необходимо открыть доступ воздуха внутрь батометра — это достигается вращением крышки *8* воздушного отверстия. Слив воды из батометра производится через клапан *13* при помощи специального сливного устройства, прилагаемого к прибору и подсоединяемого к нему при сливе. Это устройство состоит из основания, на котором расположены сверху четыре штыря и уплотняющая прокладка, а снизу крепится резиновая трубка, по которой вода поступает в бак. Рядом расположены две рукоятки, накидываемые на крючки, имеющиеся на клапане.

Подсоединение сливного устройства к клапану производится следующим образом: четыре штыря сливного устройства вставляются в отверстие клапана, а рукоятки с петлями накидываются на крючки; затем быстрым движением рукоятки спускаются вниз. При этом штыри, перемещаясь вверх, отогнут подпружиненную крышку клапана, и вода из батометра поступает в трубку сливного устройства. При снятии сливного устройства крышка клапана под действием пружины перемещается вниз, перекрывая отверстие.

Проба воды из батометра сливается в бак объемом 120 л. Бак представляет собой цилиндр диаметром 500 мм с коническим дном, изготовленный из винипласта. Высота бака — 800 мм.

Для слива из бака воды в коническом дне имеются два штуцера, расположенные на различном расстоянии от вершины кор-

пуса. Через третий штуцер диаметром 16 мм, находящийся на вершине конуса дна, сливается осадок. Бак устанавливается на палубе в металлическом каркасе, состоящем из двух ободов и трех ножек.

Сверху бак закрывается крышкой с ручками, также изготовленной из винипласта.

Батометр для взятия проб воды на загрязнение. Объем батометра — 7 л. Батометр состоит из пластмассового цилиндра *5*, диаметром 120 мм и длиной 595 мм и системы закрытия; последняя крепится к корпусу батометра хомутиками *3*.

В систему закрытия батометра входят крышки *2*, которые имеют резиновые прокладки *1* для герметизации батометра и штуцеры *15* и *6*. Штуцер *15* предназначен для впуска воздуха в батометр, а штуцер *6* для слива пробы воды из батометра.

Крышки батометра приводятся в действие тягами *8* с помощью резиновых тяжей *11*.

Работа с батометром: штуцерами *15* и *6* перекрываются отверстия в крышках *2* батометра, затем резиновые тяжи *11* натягиваются на ролики *12* (только на время работы) и с помощью тяг *8* батометр приводится в рабочее положение (рис. 11.8). Рабочее положение батометра фиксируется зацеплением зуба *10* с пазом на кулисе *9*.

Затем, держа батометр за ручку *13*, его подвешивают и крепят к тросу с помощью обычных приспособлений, как у батометра Б-48.

Для срабатывания батометра необходимо, чтобы по штоку *14* ударил грузик, после этого шток, передвигаясь вниз, выведет из зацепления зуб *10* и тяги *8* под действием резиновых тяжей *11* закроют батометр крышками. Шток *14* возвращается в исходное положение с помощью упругой резиновой пластины *4*.

Для подвески посыльного грузика, необходимого для срабатывания нижнего батометра, имеется приспособление *7*. Использование нескольких батометров на одном тросе позволяет одновременно брать пробы воды с разных горизонтов.

11.5. Проверка батометров и уход за ними

Проверка батометров. Перед работой проверяют:

1) удовлетворяют ли батометры основным требованиям, проверка производится путем осмотра батометров;

2) герметичность закрывания кранов путем осмотра поднятого с глубины и вытертого досуха батометра. При недостаточной герметичности вода, содержащаяся в батометре, попадая в условия меньшего давления и более высокой температуры, расширяется и начинает просачиваться наружу;

3) герметичность спускового крана при открытом вентиле. Вода не должна просачиваться из закрытого крана;

4) герметичность вентиля при открытом спусковом кране. Вода не должна вытекать через спусковой кран за исключением первой небольшой порции, находящейся в самом кране;

5) правильность опрокидывания батометра проверяется следующим образом: закрепленный на тросе батометр опускают на небольшую глубину в воду, после чего трос довольно сильно раскачивают из стороны в сторону. При исправном состоянии батометра не должно происходить опрокидывания его без удара посыльного груза;

6) правильность действия всего спускового механизма и выключателя нижнего груза проверяется следующим образом: батометр с прикрепленным к нему нижним грузом погружают на некоторую глубину (5—10 м) и опускают посыльный груз. Если спусковой механизм исправен, то должны быть слышны удары груза — первый о спусковое устройство, второй о спусковой крючок нижнего груза, и заметен следующий за вторым ударом рывок троса вследствие опрокидывания батометра.

Перед опусканием батометра следует проверить надежность крепления батометра к тросу и открыт ли батометр, так как в противном случае прибор может быть раздавлен давлением воды.

Уход за батометрами. Для обеспечения исправной работы батометра за ним требуется надлежащий уход. Необходимо следить за тем, чтобы внутри цилиндра на его стенках и соединительных частях не образовался осадок солей от морской воды. Для этого батометр после работы промывают пресной водой; особенно тщательно промывают внутреннюю часть цилиндра.

Для промывки лучше всего целиком опустить раскрытый батометр в бак с пресной водой. Промыв батометр, выдерживают его некоторое время в вертикальном положении, чтобы, по возможности, стекла вся вода.

Если на судне имеется паровой котел, то целесообразно промывать поверхность и внутренние стенки батометра струей горячего пара, который полностью удаляет смазку, грязь и накипь.

Батометры, употребляемые в экспедиционных работах, нумеруют яркой эмалевой или масляной краской крупными цифрами, так как имеющиеся на них заводские номера выбиваются очень мелкими цифрами, что затрудняет их чтение. Номера наносят на батометры и на прикрепленные к ним гильзы для термометров.

Каждый посыльный груз прочищают и смазывают жидким маслом (автолом). К ушку посыльного груза привязывают тросик из проволоки длиной 25—30 см с небольшой петлей на конце (поводок).

Батометры хранят в сухом месте в стойках или вентилируемых ящиках в вертикальном положении.

11.6. Работа с батометрами

Подготовка морского батометра к работе. Работа с морским батометром производится в следующей последовательности. Левой

рукой берут батометр за цилиндр на уровне пластинки *11* (см. рис. 11.1) и большим пальцем этой руки нажимают на нее. Правой рукой берутся за основу нижнего зажима и, нажимая на него в направлении движения часовой стрелки, открывают поворотом на 90° оба крана.

После этого приводят батометр в вертикальное положение и, взяв правой рукой цилиндр батометра, приставляют его к тросу, слегка наклонив концом направо. Левой рукой продевают трос в косую прорезь кронштейна *7* (см. рис. 11.2), проводят трос под прижимную планку *4* зажима (последняя должна быть перед этим отодвинута) и левой же рукой завинчивают барашек *5* зажима. После этого, поддерживая батометр правой рукой, вводят трос в прорезь спускового механизма и завинчивают барашек зажима до отказа.

Работа с серией батометров. Для ускорения работы и получения сравнимых данных по всей вертикали наблюдения ведутся сериями батометров. Работают одновременно с двух лебедок. При этом во избежание спутывания тросов под водой приборы с лебедки, расположенной ближе к носу или со стороны дрейфа судна, опускаются на меньшую глубину, чем с лебедки, расположенной ближе к корме.

Работать с сериями батометров можно двумя способами: встречными и очередными сериями.

Первый способ состоит в том, что во время выдержки одной серии в воде, другая серия обрабатывается на палубе. На ручных лебедках этот способ наиболее быстрый и наименее утомительный.

На ручных лебедках каждая серия состоит из трех батометров. Число батометров больше и меньше трех удлиняет время работы. В тех случаях, когда число горизонтов не кратно трем, рационально наблюдения на оставшихся горизонтах распределять в другие серии, не создавая для них специальной серии из одного или двух батометров. В практике обычно оказывается так, что кажущийся выигрыш в скорости при большом количестве батометров в серии влечет на самом деле задержку в работе, так как теряется много времени на надевание и снимание батометров, и серия, находящаяся на палубе, не успевает быть обработанной прежде, чем кончилась выдержка в воде другой серии; произойдет простой всей серии, в то время как в ней добавляется только один или два батометра. Кроме того, если не сработает один из верхних батометров, приходится повторять всю серию.

Когда на судне имеется нечетное количество батометров, например пять, пробу воды из верхнего батометра (из полной серии в три батометра) берут первой, а второй отсчет температуры производят к моменту надевания третьего батометра в следующей неполной серии (из двух батометров); этот батометр используют в качестве третьего в неполной серии. При этом не следует торопиться с отсчетом температуры, так как температура вспомогательного термометра может еще не установиться. Отсчет следует начинать тогда, когда второй батометр неполной серии начали опускать в воду.

Эта операция требует большого внимания от наблюдателей, так как последовательность номеров батометров в книжке для записи наблюдений будет все время изменяться, и легко допустить ошибку. Практика показала, что при соблюдении взаимного контроля между наблюдателями и установленного распорядка наблюдений продолжительность станции при пяти батометрах оказывается такой же, как и при шести, и у наблюдателей при каждой серии остается некоторый запас времени, необходимый для других наблюдений (метеорологических, за прозрачностью и цветом воды и т. д.) и на контроль записи.

На механических лебедках работать можно также встречными сериями, но количество батометров может быть значительно увеличено. Оно зависит от глубины станции, количества горизонтов, прочности троса, мощности лебедки, количества имеющихся батометров, опыта наблюдателей и налаженности работ.

Работа вторым способом состоит в опускании максимального числа батометров, какое может выдержать трос и мощность лебедок. Этот способ принят в основном при работах с электрическими лебедками. При этом в серии можно включить до 20 батометров и более. Этот способ применяется чаще, чем встречный, но он значительно сложнее.

Необходимо соблюдать постоянно один и тот же порядок работы. Работу начинают с самых глубоких горизонтов по следующим соображениям:

1) станцию начинают всегда при благоприятных условиях, но во время станции погода может испортиться, и поэтому легче заканчивать работу на верхних горизонтах, чем на нижних;

2) даже при постановке на якорь всегда можно ожидать дрейфа, и к концу станции глубина места может измениться, в результате батометры могут лечь на грунт или оказаться слишком далеко от него;

3) при продолжительной быстрой и напряженной работе, когда работники утомлены, легче выполнить с самого начала наиболее трудное.

Порядок работы с батометрами. На крупных судах работа на океанографических станциях обычно производится вахтой, состоящей из трех наблюдателей, на малых судах при ограниченном числе наблюдателей— вахтой, состоящей из двух наблюдателей. Ниже приводится порядок работ с опрокидывающимися батометрами при вахтах, состоящих из трех и двух наблюдателей.

Порядок работы при вахте, состоящей из трех наблюдателей. После остановки судна наблюдатели выводят за борт концевой груз. Сразу после измерения глубины старший (первый) наблюдатель записывает в книжку для записи наблюдений (палубный лист) время начала работы на станции и глубину ее. В зависимости от последней он устанавливает нижний горизонт; затем называет номер батометра, предназначенного для опускания на нижний горизонт, записывает их в палубный лист. Третий наблюдатель снимает со стойки указанный батометр и подает его вто-

рому наблюдателю, который прикрепляет батометр к тросу. Батометр надевают на трос на расстоянии 2 м от концевого груза. Такое расстояние необходимо для того, чтобы предохранить батометр при опрокидывании от удара о груз. Затем наблюдатель закрывает вентиль и сливной кран. Двумя-тремя оттягиваниями батометра проверяет надежность его крепления к тросу. После этого прикрепляет к батометру (кроме самого нижнего) посыльный груз, для этого сначала прикрепляет к батометру поводок посыльного груза. Подергиванием посыльного груза проверяет надежность закрепления петли поводка. Затем надевает посыльный груз на трос и запирает его, еще раз проверяет, крепко ли завинчен вентиль и кран для сливания воды, снизу вверх легко ударяет батометр ладонью правой руки, чтобы ртуть в термометрах стекла, если по какой-либо причине она не стекла ранее. Проверив исправность батометра, второй наблюдатель сообщает об этом первому. Первый наблюдатель ставит стрелки счетчика на нуль и медленно опускает батометр в воду. Второй наблюдатель на откидной площадке следит за опускающимся батометром и, как только батометр войдет в воду, подает знак первому наблюдателю, после чего последний, плавно набирая скорость, стравливает трос до заданного отсчета на расстояние до следующего батометра при угле наклона троса, равном 0°. Затем второй наблюдатель определяет угол наклона троса и сообщает его первому наблюдателю; последний записывает его в палубный лист, определяет отсчет по блок-счетчику, до которого он должен вытравить трос, и опускает прибор до заданного горизонта. Указанный отсчет он записывает в книжку для записи наблюдений (Палубный лист). Аналогичным образом опускают остальные батометры данной серии.

Опускать батометры в воду надо не очень быстро — со скоростью, не превышающей 2 м/с. При большей скорости неравномерность опускания, полностью избежать которую, в особенности при волнении, невозможно, вызовет рывки, следствием чего явится преждевременное опрокидывание батометров и проскальзывание троса в замках.

Равномерность опускания является основным условием исправного действия батометров в воде, поэтому необходимо достигнуть навыка в замедлении и ускорении вращения барабана лебедки и сбегания троса с него в соответствии с поднятием и опусканием судна на волне. Работая ножным или ручным тормозом, можно достигнуть того, что даже при сильной и резкой качке скорость сбегания троса будет изменяться не более чем на 0,25 м/с.

Когда батометр находится на горизонте 0 м, верхний край цилиндра в штилевую погоду должен быть погружен под поверхность воды на глубину 3—4 см. При волнении батометр следует опустить на такую глубину, чтобы он не обнажался, и оставлять его на этой глубине в течение всей выдержки. Выдержав батометры на заданных горизонтах в течение времени, необходимого для аккомодации термометров, первый или второй наблюдатель опускает посыльный груз. Момент пуска посыльного груза первый наблюдатель

записывает в соответствующую графу палубного листа в строки, соответствующие батометрам данной серии.

После опускания посыльного груза и достижения им батометра надо сильно дернуть трос, для того чтобы обеспечить полный поворот батометра и отрыв ртути в термометре.

Для этого при небольших глубинах — до 150—200 м — следует рукой быстро, но без рывка потянуть трос на себя, так чтобы из воды вышло около 0,5 м троса, а затем плавно и значительно медленнее вернуть трос в исходное положение.

При глубине свыше 200 м подергивание троса рукой не даст эффекта вследствие большой амортизации, вызываемой прогибом троса в воде. Поэтому при глубине свыше 200 м при работе с ручной лебедкой действовать надо при помощи лебедки, начиная подъем приборов на малой скорости, затем сразу сделать несколько быстрых оборотов, после чего продолжать подъем с постоянной скоростью.

Контролем того, чтобы батометр не опрокинулся раньше времени, служит двойной удар посыльного груза о батометр и последующий небольшой рывок, ощущаемые рукой.

На рис. 11.4 видно, что после первого удара о замок посыльный груз начинает падать до зажима, удар о который и является вторым из двух ударов, ощущаемых на палубе. Так как груз успевает пройти расстояние от замка до зажима, прежде чем батометр окончательно опрокинется, то после второго удара должен ощущаться еще небольшой рывок и сотрясение троса, происходящее в результате остановки батометра после опрокидывания.

Если на трос надето больше трех батометров, то удар посыльного груза у четвертого, пятого и т. д. батометров на глубине свыше 200—250 м не будет ощущаться.

В таких случаях после опускания посыльного груза надо взять трос двумя или одним пальцем и немного потянуть на себя, так чтобы палец чувствовал сильную нагрузку. Тогда малейшее сотрясение троса будет вполне четко различимым даже при глубине до 1000 м.

При работах с приборами, погруженными на глубины, превышающие 1000 м, сотрясение троса при опрокидывании прибора рукой уже не ощущается. Время пробега посыльного груза ориентировочно берется из расчета, что при вертикальном положении троса посыльный груз проходит 150 м/мин, а при угле наклона троса 60° — 100 м/мин.

Когда посыльный груз достигает последнего батометра, первый наблюдатель начинает поднимать серию. Приборы следует поднимать равномерно. Равномерность подъема серии батометров еще важнее, чем опускания, так как всякие рывки грозят обрывом троса и потерей батометров.

Подъем батометров с глубин до 3000 м производится со скоростью, не превышающей 3 м/с, при работе с тросом диаметром 3 мм, а при работе с тросом диаметром, превышающим 3 мм, допустимая скорость 5 м/с.

Во время подъема приборов, когда батометр приближается к поверхности моря, второй наблюдатель должен находиться на откидной площадке и внимательно следить за появлением батометра. При его появлении вблизи поверхности воды второй наблюдатель предупреждает первого и сообщает ему момент выхода батометра из воды.

Первый наблюдатель плавно снижает скорость вращения лебедки и в тот момент, когда батометр подходит к уровню груди второго наблюдателя, останавливает ее. Лебедку стопорят. Первый наблюдатель определяет по записям в палубном листе отсчет счетчика, на котором следует остановить лебедку, и в дальнейшем при подъеме батометров следит за соответствием отсчетов, записанных в книжке для записи наблюдений, с отсчетами счетчика, на которых батометры снимаются с троса.

Второй наблюдатель снимает с троса посыльный груз, отвинчивает барашек зажима и снимает батометр с троса, затем смотрит, сработали ли термометры и передает батометр третьему наблюдателю, который устанавливает его в стойку, начиная с левой стойки, и закрепляет его. Аналогичным образом поднимают остальные батометры серии.

Второй наблюдатель производит первые отсчеты по глубоководным термометрам и термоглубомерам, диктуя их первому наблюдателю, который записывает их в палубный лист.

Вторые отсчеты по глубоководным термометрам осуществляет первый наблюдатель и диктует их второму, который записывает их в палубный лист. Второй отсчет следует делать не ранее, чем через пять минут после подъема батометра, чтобы оторвавшийся столбик ртути основного термометра и столбик ртути вспомогательного приняли температуру окружающего воздуха.

Сразу после первого отсчета температуры третий наблюдатель набирает пробы воды всегда в определенном, заранее установленном порядке, который зависит от назначения проб и от того, где будет производиться анализ: на берегу или в судовой лаборатории. Обычно сразу же после подъема берут пробы для определения концентрации водородных ионов (pH) и кислорода, а затем остальные пробы, последней берут пробу на хлор. Пробы обычно набирают следующим образом: вынув из ящика склянку, проверяют, совпадают ли номера на пробке и на склянке, выливают из склянки остатки воды от прежней пробы, затем отвинчивают вентиль и прополаскивают склянку водой из батометра три раза, причем вода после полоскания выливается на пробку. При большом числе исследуемых элементов особое внимание уделяют экономии воды, однако не за счет хорошего прополаскивания посуды. После прополаскивания третий наблюдатель заполняет склянку на три четверти водой из батометра и закрывает склянку пробкой. Номера проб и номер батометра, из которого берется проба, третий наблюдатель диктует первому или второму в перерыве между записью отсчетов термометров.

Нельзя вынимать из ящика и наполнять сразу более чем одну склянку. Нарушение этого правила может привести к путанице в пробах.

Порядок работы при вахте, состоящей из двух наблюдателей. После остановки судна наблюдатели выводят за борт концевой груз. Сразу после измерения глубины старший наблюдатель определяет время начала станции и глубину ее и диктует их второму наблюдателю, который записывает их в книжку для записи наблюдений (палубный лист). В зависимости от глубины он назначает нижний горизонт наблюдений. Второй наблюдатель берет батометр, который следует опустить на нижний горизонт, и прикрепляет его к тросу так, как это было указано выше. Номер его он записывает в палубный лист. Проверяет надежность крепления батометра к тросу, прикрепляет к батометру посыльный груз (кроме самого нижнего) и проверяет надежность его закрепления. Проверяет, крепко ли завинчен вентиль и кран для слива воды. После этого он слегка ударяет батометр ладонью правой руки снизу вверх, чтобы ртуть в термометрах стекла, если она по какой-либо причине не стекла ранее.

Проверив исправность батометра, второй наблюдатель сообщает об этом первому. Последний ставит стрелки блок-счетчика на нуль и медленно опускает батометр в воду. Второй наблюдатель на откидной площадке следит за опускающимся батометром и, как только он войдет в воду, подает знак первому наблюдателю, после чего последний набирает скорость и стравливает трос до заданного отсчета счетчика при угле наклона троса, равном 0°. Затем второй наблюдатель определяет угол наклона троса и записывает его в палубный лист и сообщает величину этого угла первому наблюдателю. Последний определяет отсчет блок-счетчика, до которого он должен вытравить трос, и опускает прибор до этого отсчета. Указанный отсчет он диктует второму наблюдателю, который записывает его в книжку для записи наблюдений; выдержав приборы на заданных горизонтах в течение времени, необходимого для аккомодации термометров, опускают посыльный груз. Момент пуска посыльного груза второй наблюдатель записывает в соответствующую графу палубного листа. После опрокидывания батометров первый наблюдатель поднимает серию. Во время подъема приборов второй наблюдатель находится на откидной площадке и внимательно следит за появлением батометров. При их появлении вблизи поверхности воды второй наблюдатель предупреждает первого и сообщает ему момент выхода батометра из воды. Первый наблюдатель плавно снижает скорость вращения лебедки и в тот момент, когда батометр подходит к уровню груди второго наблюдателя, останавливает ее. Лебедку стопорят. Второй наблюдатель определяет по записям в палубном листе отсчет счетчика, при котором следует останавливать лебедку, и в дальнейшем при подъеме батометров следит за соответствием отсчетов, записанных в палубном листе, отсчетам счетчика, при которых батометры снимаются с троса.

Второй наблюдатель снимает с троса посыльные грузы и батометры и устанавливает их в стойки, производит первые отсчеты по термометрам и термоглубомерам и диктует их первому наблюдателю, последний записывает их в палубный лист. Затем первый наблюдатель набирает пробы воды; номера проб и батометров, из которых они взяты, он диктует второму наблюдателю, тот записывает их в наблюдательскую книжку. После этого первый наблюдатель производит вторые отсчеты, диктуя их второму наблюдателю для записи в наблюдательскую книжку.

Дополнительное оборудование к батометрам. Для работы с батометрами необходимы посыльные и концевые грузы. Посыльный груз ПР-28 (рис. 11.9) представляет собой металлический цилиндр с продольной прорезью и с устройством для запирания троса в прорези.

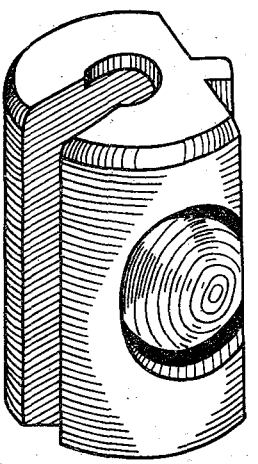


Рис. 11.9. Посыльный груз ПР-28.

Устройство состоит из запирающей кнопки, имеющей отверстие 5—6 мм и продольную прорезь, витой пружины и ограничивающего винта. Кнопка помещена сбоку цилиндра. Пружина нажимает на кнопку и отводит ее в крайнее положение. Ход ее ограничен винтом. При нажатии на кнопку прорезь ее совпадает с прорезью цилиндра и трос освобождается.

Для батометров применяются грузы массой около 350 г, высотой 67 мм и диаметром нижней части 35 мм. Для опрокидывающихся рам применяются грузы массой около 200 г и высотой 35 мм.

Для морских вертушек применяются латунные грузы (немагнитные) массой около 400 г, высотой 35—36 мм и диаметром нижнего основания 44 мм.

Чтобы удержать батометры или другие приборы на заданных горизонтах тросу следует придать достаточное натяжение, чтобы он не изгибался в воде. Для этого к концу троса следует подвесить груз.

Большую роль играет форма концевых грузов. При опускании серии батометров лучше всего применять каплевидный груз. При опускании вертушек можно пользоваться рыбовидными грузами.

Концевые грузы подвешиваются к тросу при помощи скоб или чекелей (железных хомутиков) с завинчивающимися болтами различной величины, которые продеваются в коуш троса и кольцо груза.

Кроме скоб для этой же цели применяются специальные вертлюги, предохраняющие одновременно трос от перекручивания и образования калышек. Они особенно полезны при опускании тяжелых приборов и оборудования. Совершенно обязательно, надевая

и снимая батометр, притягивать трос к планширу, для чего с внешней стороны последнего вделывается крючок, длиной около 10 см. У наружного конца крючка углы должны быть тщательно обточены, чтобы они не зацеплялись за трос и не портили его. Притягивание троса необходимо для приближения его к наблюдателю, что очень важно для быстрого и надежного прикрепления батометра к тросу.

Кроме того, крючок предохраняет спущенные батометры от удара посыльного груза, случайно соскользнувшего по тросу при надевании его на находящийся наверху батометр.

Если работа производится с откидной площадки при небольших углах наклона троса, то притягивать трос к борту не надо, но все же необходимо иметь приспособление для предотвращения соскальзывания прицепляемого посыльного груза по тросу.

Для этой цели снаружи поручней площадки закрепляют цепочку или кусок троса 20—30 см длиной с карабином на свободном конце. Этот карабин зацепляют за трос во время снятия и надевания батометра ниже посыльного груза. Цепочка также не допустит сильного раскачивания батометра при волнении. Если работа производится при больших углах наклона троса, его подтягивают крюком, который крепится к внутренней стороне фальшборта рядом с откидной площадкой. Крюк представляет собой металлический стержень, длиной 2 м и диаметром 0,5—1,0 см, загнутый с обоих концов.

Наблюдатели часто полагают, что батометр соскальзывает от недостаточно сильного завинчивания барашка и применяют для этой цели плоскогубцы. Результатом этого неизбежно является либо срыв резьбы, либо поломка барашка. Завинчивать винт допускается только рукой. В мороз или когда руки устают, барашек следует завинчивать тряпкой из грубого материала.

Батометры, опускаемые серией, каждый раз при подъеме снимаются с троса. Для удобства работ с ними необходимо иметь специальные стойки с гнездами. Стойки устанавливаются возле лебедок, с которых погружаются батометры. Стойки для батометров делаются в виде рамы с двумя перекладинами, в которых имеются гнезда для батометров. Стойки должны быть достаточно прочно и устойчиво укреплены на своих местах. Зажимы, крепящие батометры к стойкам, должны быть смазаны и расхожены. Закрепленный батометр не должен двигаться в гнезде, в противном случае во время качки судна он может выпасть из гнезда. Поскольку батометры между станциями остаются в стойке, удобно сделать ее в виде шкафика с запирающейся дверцей или снабдить стойку брезентовыми чехлами, предохраняющими термометры на батометрах от воздействия солнечных лучей. Для стока воды делают отверстие со шлангом, иначе возле стойки будет лужа. Возле стойки с батометрами размещается ящик для проб и бак с пресной водой для промывания батометров.

Особенности работы с батометрами на больших глубинах. Подъем серии батометров с больших глубин сопряжен с опасно-

стью потери приборов из-за обрыва троса, вследствие большой нагрузки на трос, поэтому наблюдения на больших глубинах рекомендуется проводить в две серии.

Первой обычно опускается глубоководная серия от 1000 м и глубже. Опускать эту серию следует на ступенчатом тросе, обеспечивая большую его прочность при натяжении. На те прогоны троса, где имеются сплесни, во избежание застревания вешают посыльные грузы с расточенным пазом. Нельзя допускать рывков троса во время опускания и подъема серии. При работе с новым тросом его следует прогнать по всей длине через счетные и направляющие блоки при пониженной скорости и при нагрузке 50%, чтобы дать возможность тросу обтянуться и «приработаться» к блокам.

При работе на больших глубинах используют динамометры, указывающие нагрузку на трос.

Как показали наблюдения на экспедиционным судне «Витязь» [7], одной из причин обрыва троса является его вращение, вызываемое тем, что трос не лежит в плоскости ролика (шкива) блок-счетчика. В результате этого при большом натяжении трос плотно прижимается к одной из скошенных сторон желоба шкива. При вращении шкива вследствие трения о скошенную сторону желоба трос перекручивается и скатывается в его середину.

Таким образом, при подъеме глубоководной серии батометров (при вращении шкива блок-счетчика), благодаря наличию угла между плоскостью, в которой лежит шкив, и плоскостью троса, происходит вращение троса. Это вращение должно распространяться на всю длину вытравленного троса, но навешенные на трос батометры и его динамическое сопротивление препятствуют распространению этого вращения на всю длину вытравленного троса; поэтому он перекручивается, главным образом, на участке между блоком и верхним батометром. По мере выбирания троса перекручивание его возрастает вследствие увеличения количества оборотов и уменьшения длины участка, на который распространяется вращение. Перекручивание троса понижает его прочность, причем быстрее, чем понижается нагрузка на трос. Когда прочность троса понизится настолько, что общая нагрузка станет больше ее, трос обрывается.

Для предотвращения потерь батометров необходимо:

а) применять при наблюдениях на больших глубинах блоки с узким шкивом, ширина и глубина желоба которого была бы не намного больше диаметра коренного участка троса;

б) при возникновении угла между плоскостью, образованной тросом, проходящим через блок-счетчик, и плоскостью, в которой лежит шкив блок-счетчика, совмещать эти плоскости при помощи пенькового конца, привязанного к низу блока;

в) подъем глубоководной серии до глубины 6000 м производить со скоростью, не превосходящей 0,5 м/с [7], затем эта скорость увеличивается, а с глубины 3000 м подъем производится со скоростью, указанной выше. При подъеме до глубин 6000 м, через каждые

1000 м делать пятиминутные остановки лебедки, для того чтобы за это время произошло раскручивание троса;

г) блок должен находиться против барабана лебедки.

При работе на больших глубинах промежуток времени между окончанием опускания серии и началом подъема иногда достигает нескольких часов, однако наблюдателям категорически запрещается покидать палубу, когда серия батометров находится за бортом. В крайнем случае на палубе должен находиться один наблюдатель, следящий за опущенной серией.

Пока глубоководная серия находится за бортом, необходимо следить за изменением глубины станции и каждые 10—15 мин замерять глубину эхолотом. После окончания глубоководной серии батометров можно опустить вторую серию до глубины 1000 м.

При глубинах до 3000—5000 м можно опустить батометры также следующим способом. С одной лебедки опускают глубоководную серию от 300—500 м до дна, а с другой лебедки сразу же по окончании опускания глубоководной серии опускают верхнюю серию до глубины 300—500 м, причем во избежание спутывания тросов концевой груз верхней серии увеличивается до 50—75 кг. Так как у глубоководной серии угол наклона троса больше, чем у верхней (вследствие большего сопротивления троса), опасность перепутывания тросов становится маловероятной.

Особенности работы с батометрами на малых глубинах. При работе на малых глубинах [117] наблюдения следует обязательно производить до дна. Поэтому расстояние между концевым грузом и придонным батометром следует сократить. Оно не должно превышать 2—3 м. Для предупреждения задевания приборов о дно второй наблюдатель должен следить за натяжением троса. Для этого он должен взяться за трос рукой (обязательно при помощи крюка или в прочной рукавице) и притянуть трос к себе. Когда концевой груз достигнет дна, натяжение троса ослабнет. Если груз волочится по дну, то наблюдатель, держащий в руке трос, почувствует рывки троса. В этих случаях следует приподнять серию на несколько метров, продолжая следить за натяжением троса.

Особенно осторожным надо быть при работах вблизи берега, когда судно дрейфует к берегу. При значительном дрейфе судна можно рекомендовать следующий способ опускания батометров. Расстояние между нижним батометром и концевым грузом (груз должен быть достаточно тяжелым) следует взять равным 10 м и при окончании опускания серии постараться уложить груз на дно. Судно, дрейфуя, вытянет трос по прямой и приборы останутся в сохранности. При наличии на судне эхолота необходимо все время следить за изменением глубины по эхолоту. Если глубина уменьшается, во избежание потери приборов надо срочно приподнять серию батометров.

Опускание батометров в штормовых условиях. При волнении, превышающем 7 баллов, откидную площадку запрещается вываливать за борт, батометры навешивают с палубы, и, если из-за сильного ветра ожидается большой угол наклона троса, вес конце-

вого груза увеличивают до 150 кг. Если угол наклона троса настолько велик, что затрудняет навеску батометров, следует развернуть кран-балку так, чтобы блок, через который проходит трос, находился ближе к наблюдателю, навешивающему батометры. Для навески каждого батометра трос подтягивают к фальшборту при помощи крюка, после чего навешивают батометры.

Если нижний предел скорости дрейфа судна 0,5—0,7 уз, то для уменьшения угла наклона троса рекомендуется подрабатывать машиной для компенсации дрейфа судна и придания таким образом вертикального или близкого к вертикальному положения троса [49].

Сущность способа подработки машиной заключается в следующем [111]. Приведя судно против ветра, уравновешивают его снос работой машин. Благодаря действию на перо руля струи воды от вращающегося винта не продвигающееся вперед судно управляется и слушается руля, причем тем лучше, чем сильнее струя. Поэтому при сильных штормах, когда снос судна значителен, маневрировать легче, чем при более слабых.

Для удержания тросов в вертикальном положении следует держать судно так, чтобы оно не перевалило линию ветра и не легло на другой галс; в этом случае тросы могут пойти под корпус судна. Нельзя также допускать, чтобы судно сильно уходило под ветер, так как возвращение его на курс потребует значительного увеличения оборотов винта. Последнее, как правило, приводит к значительному поступательному ходу судна вперед и чрезмерному вытягиванию тросов в сторону кормы, что может привести к попаданию тросов с лебедок, установленных около кормы, под винт.

Штурман должен все время наблюдать за направлением тросов и соответствующим маневрированием судна привести их в вертикальное положение. Следует отметить, что наблюдение с капитанского мостика за тросами, сбегающими с лебедок, установленных около кормы, крайне затруднительно. Следить же за положением этих тросов особенно важно ввиду близости их к винту.

На д/э «Обь» с этой целью практиковался следующий прием: с ближайшей к мостику лебедки спускался на сравнительно небольшую глубину трос с грузом и наблюдения производились за его отклонением. В полной степени это не заменяет непосредственного наблюдения за тросами других лебедок, поэтому необходимо время от времени запрашивать наблюдателей, каковы углы наклона троса. Для лучшей ориентировки штурманского состава заранее выбирают определенные места на фальшборте, относительно которых будет определяться положение троса.

В ночное время, чтобы трос был хорошо виден из штурманской рубки, его следует освещать прожектором или сильной лампой с рефлектором.

Первый наблюдатель обязан вести наблюдения за волнением; если к борту судна подходит крупная волна, которая может обрушиться на палубу, он громко предупреждает об этом остальных

наблюдателей и требует от них выполнения правил техники безопасности при создавшихся условиях работы.

Во время резкой качки на крупной волне при опускании батометров следят, чтобы не образовалась слабина и рывки на стравливаемом тросе. При подъеме батометров особенно тщательно следят за соответствием отсчетов счетчика и отсчетов, записанных в палубном листе.

Работа с батометрами при морозе. В зимних условиях необходимо оградить батометр от обмерзания по следующим причинам:

1) при замерзании крана вода из батометра не будет вытекать;

2) при замерзании отверстий под вентилем воздух не попадет в батометр и вода не будет вытекать из крана;

3) замерзание, хотя бы и небольшое, вызывает повышение концентрации солей в пробе; следовательно, данные о химическом составе воды, полученные из анализа такой пробы, не будут соответствовать действительности;

4) лед, образующийся на деталях батометра, мешает их исправному действию, может поломать, прогнуть или разработать части, в результате чего клапаны и краны не будут легко закрываться.

Лед на деталях батометра может образоваться не только при извлечении батометра из воды на воздух. Это может произойти и под водой, когда холодный батометр смачивается переохлажденной водой поверхностного слоя. Поэтому очень важно, чтобы батометр при опускании в воду не был более холодным, чем вода поверхностного слоя.

Единственным верным средством предупреждения замерзания батометра и пробы в нем является работа в закрытом помещении, например, в специальной отопляемой будке на палубе. Однако такую будку можно устроить только на крупных судах. На мелких же судах никакой защиты устроить обычно нельзя из-за отсутствия места на палубе. В этом случае приходится уже не предупреждать, а ликвидировать замерзание с помощью горячей воды.

Горячей водой можно пользоваться двумя способами:

1) иметь под рукой бак такого размера, чтобы туда свободно входил батометр в вертикальном положении; при этом не обязательно погружать весь батометр сразу; достаточно погрузить одну половину, потом повернуть и погрузить другую. Температура воды, налитой в бак, должна быть 70—80°С. Этот способ наиболее удобен при согревании пустого батометра перед надеванием его на трос;

2) для согревания батометра, из которого проба еще не взята, удобнее пользоваться чайником, поливая тонкой струей горячей воды замерзшую часть батометра или весь батометр. И в том и в другом случае надо снимать с батометра гильзы с термометрами.

С целью устранения возможности обмерзания батометра после его подъема рекомендуется употреблять специальный утепленный ящик (стойку) для батометров. До опускания батометры хранятся (без термометров) в этой стойке. Поднятые на палубу батометры

сейчас же помещают в утепленную стойку, сняв предварительно термометры, и, после того как будут подняты все батометры из данной серии, ящик (стойку) переносят в лабораторию, где берут пробы обычным способом.

При обледенении палубы необходимо, во избежание падения людей, чистить палубу перед океанографической станцией и посыпать ее песком.

Расчет расстояний между батометрами. Глубины погружения приборов определяются при помощи термометров-глубомеров, а при отсутствии их рассчитываются по таблицам. Методы определения глубин погружения описаны ниже. Здесь же приведен лишь порядок операций с батометрами и указан способ расчета показаний блок-счетчика при опускании серии батометров на заданные горизонты. Расчет этот производят при помощи таблиц приложения 6 [117]. В этих таблицах приведены длины вытравленного троса в единицах счетчика при разных углах наклона троса для коэффициентов счетчика, равных 1,00; 0,99; 0,98; 0,97; 0,96; 0,95. Таблицы рассчитаны по формуле $\frac{h \sec \alpha}{K}$. При других коэффициентах счетчика соответствующую таблицу легко составить на месте. Нужную таблицу из приложения рекомендуется перепечатать, наклеить на плотный картон и пользоваться ею при опускании батометров.

Ниже рассматриваются два случая: 1) угол наклона троса близок к нулю (меньше 10°); 2) угол наклона троса больше нуля (равен или больше 10°). Второй случай является более общим и включает в себя первый, однако для удобства пользования оба случая рассматриваются отдельно.

Угол наклона троса близок к нулю. Порядок работы с батометрами и способ расчета показаний блок-счетчика виден из следующих примеров.

Пример 1. Требуется опустить серию из трех батометров на глубины: батометр № 1 — 30 м; № 2 — 50 м; № 3 — 75 м. Угол наклона троса $\alpha=0°$. Счетчик работает правильно (коэффициент счетчика $K=1$). Высота прикрепления батометра над поверхностью воды равна 4 м.

Решение: 1) стравливают трос с подвешенным к нему концевым грузом на расстояние между грузом и нижним батометром (№ 3) и прикрепляют к тросу этот батометр;

2) ставят стрелки блок-счетчика на нуль и опускают батометр на 25 м (расстояние между третьим и вторым батометрами);

3) прикрепляют к тросу батометр № 2, вытравливают трос еще на 20 м (расстояние между вторым и первым батометрами) и прикрепляют к тросу батометр № 1;

4) вытравливают трос на 30 м. Показание счетчика равно 75 м;

5) опускают батометры еще на 4 м. Конечное показание счетчика равно 79 м.

Пример 2. Требуется опустить серию из трех батометров на глубины: № 1 — 0 м; № 2 — 10 м; № 3 — 20 м. Коэффициент счетчика $K=0{,}95$. Высота места прикрепления батометров над поверхностью воды равна 5 м.

Решение: 1) стравливают трос с подвешенным к нему концевым грузом на расстояние между грузом и нижним батометром (№ 3) и прикрепляют к тросу этот батометр. Ставят стрелки блок-счетчика на нуль. Выбирают из таблицы ($K=0{,}95$) приложения 6 показание счетчика, до которого следует стравить трос. В таблицу входят с заданной разностью глубин погружения

батометров № 3 и № 2 (h=10 м) и углом наклона троса $\alpha=0°$. Показание счетчика равно 11 м. Стравливают трос до этого отсчета;

2) прикрепляют к тросу батометр № 2. Находят в таблице приложения 6 отсчет счетчика, соответствующий расстоянию между вторым и первым батометрами (10 м) и углу наклона троса, равному 0°. Отсчет равен 11 м. Прибавляют к этому отсчету прежний (11 м) и стравливают трос до этого суммарного отсчета (11+11=22 м);

3) погружают батометр № 1 в поверхностный слой моря. Конечное показание батометра равно 27 м.

Пример 3. Требуется опустить серию из трех батометров на глубины: батометр № 1 — 75 м; № 2 — 100 м; № 3 — 150 м. Угол наклона троса $\alpha=0°$. Коэффициент счетчика K=0,96. Высота прикрепления батометров над поверхностью моря равна 4 м.

Решение: 1) стравливают трос с подвешенным к нему концевым грузом на расстояние между грузом и нижним батометром (№ 3). Прикрепляют к тросу этот батометр. Ставят стрелки счетчика на нуль. Находят в таблице приложения 6 для $\alpha=0°$ и h=50 м (расстояние между третьим и вторым батометрами) отсчет счетчика, до которого следует опустить батометр № 3. Он равен 52 м. Стравливают трос до этого отсчета;

2) прикрепляют к тросу батометр № 2. Находят в таблице отсчет счетчика, соответствующий расстоянию между вторым и первым батометрами (25 м) при $\alpha=0°$. Он равен 26 м. Прибавляют к нему прежний отсчет (52 м) и стравливают трос до этого суммарного отсчета (52+26=78 м);

3) прикрепляют батометр № 1. Находят в таблице отсчет счетчика для $\alpha=0$ и h=75 м. Он равен 78 м. Прибавляют к нему прежний отсчет и стравливают трос до этого суммарного отсчета (78+78=156 м);

4) опускают батометры еще на 4 м. Конечное показание счетчика равно 160 м.

В книжке для записи наблюдений отсчет счетчика «нуль» ставится против самого нижнего батометра. Против второго снизу — отсчет счетчика, соответствующий расстоянию между нижним и вторым снизу батометрами. Против третьего снизу батометра — величину, равную сумме предыдущего отсчета и отсчета, соответствующего расстоянию между вторым и третьим снизу батометрами и т. д. в нарастающем порядке. Против батометра, который опускается на поверхность воды, ставят отсчет, соответствующий всей длине вытравленного троса.

Угол наклона троса больше нуля градусов. Для определения расстояний между батометрами применяют два способа расчета. Первый способ — способ «дифференцированных притравок» [117] рекомендуется применять в тех случаях, когда имеется опасность положить батометр на дно и повредить при этом термометры. Второй способ — способ «суммарных притравок» [12] рекомендуется применять на подвесных станциях, когда нет опасности повредить термометры или батометр. Преимущество этого способа заключается в том, что он обеспечивает в большей степени, чем первый способ, выход прибора на заданный горизонт.

Первый способ расчета. Порядок работы с батометрами виден из следующего примера.

Пример. Требуется опустить серию из 17 батометров на глубины, приведенные в табл. 11.1. Высота блок-счетчика над поверхностью моря равна 4 м. Коэффициент счетчика K=0,95.

Решение: 1) стравливают трос с прикрепленным к нему концевым грузом на расстояние между грузом и нижним батометром (№ 17). Ставят стрелки блок-счетчика на нуль и стравливают трос на расстояние h между батометрами

Таблица 11.1

Пример расчета показаний счетчика при работе с серией батометров первым способом

№ батометра	Заданный горизонт, м	Угол наклона троса, °	Отсчет счетчика, м	№ батометра	Заданный горизонт, м	Угол наклона троса, °	Отсчет счетчика, м	№ батометра	Заданный горизонт, м	Угол наклона троса, °	Отсчет счетчика, м
1	0	45	1602	7	100	45	1453	13	500	45	859
2	10		1587	8	150		1379	14	600		710
3	20		1572	9	200		1305	15	800		412
4	30		1557	10	250		1231	16	1000	40	137
5	50		1527	11	300		1157	17	1100		0
6	75		1490	12	400		1008				

№ 17 и 16 (100 м). Измеряют угол наклона троса. Он равен 40°. Определяют по таблице (K=0,95) приложения 6 для α=40° и h=100 м показания счетчика, до которого следует вытравить трос (137 м) и стравливают до этого отсчета;

2) измеряют угол наклона троса (40°). Прикрепляют к тросу батометр № 16. Находят в таблице приложения 6 отсчет счетчика, соответствующий расстоянию h между шестнадцатым и пятнадцатым батометрами (200 м) и углу наклона троса 40°. Он равен 275 м. Прибавляют к нему прежний отсчет (137 м) и стравливают трос до этого суммарного отсчета (137+275=412 м);

3) измеряют угол наклона троса 45°, прикрепляют к тросу батометр № 15. Находят в таблице отсчет, соответствующий расстоянию между пятнадцатым и четырнадцатым батометрами (200 м) и углу наклона троса α=45°, он равен 298 м.

Прибавляют его к прежнему отсчету (412 м) и стравливают трос до этого суммарного отсчета (298+412=710 м);

4) измеряют угол наклона троса. Он оказался равным 45°. Подвешивают батометр № 14. Находят в таблице отсчет, соответствующий расстоянию между батометрами № 14 и 13 (100 м) и углу наклона троса 45°.

Он равен 149 м. Прибавляют его к прежнему отсчету (710 м) и опускают батометры до этого суммарного отсчета (710+149=859 м). Таким же образом поступают и с остальными батометрами. Отсчеты счетчика записывают в книжку для записи наблюдений так же как и в первом случае. Конечное показание счетчика 1608 м (конечный отсчет 1608 м получен за счет высоты подвески батометра над поверхностью моря 4 м при угле наклона троса 45°, т. е. h=6 м) 1602+6=1608[1].

Второй способ расчета. Порядок работы с батометрами виден из следующего примера.

Пример. Требуется опустить серию из 16 батометров на глубины, приведенные в табл. 11.2. Высота блок-счетчика над поверхностью моря равна 4 м. Коэффициент счетчика K=0,95. Конечное показание счетчика равно 1644 м.

Решение: 1) стравливают трос с подвешенным к нему концевым грузом на расстояние между грузом и нижним батометром (№ 16). Прикрепляют батометр № 16 к тросу, ставят стрелки блок-счетчика на нуль и стравливают трос на расстояние h между батометрами № 16 и 15 (200 м);

2) измеряют угол наклона троса. Он равен 45°. Определяют по таблице (K=0,95) приложения 6 для α=45° и h=200 м показание счетчика, до которого следует вытравить трос (298 м) и стравливают трос до этого отсчета;

[1] Если начальный угол велик (30—40°), то как показывает опыт, к концу навески серии он возрастает до 50—70°, поэтому для вхождения в таблицы начальный угол увеличивают (на 75—100%).

Таблица 11.2

Пример расчета показаний счетчика при работе с серией батометров вторым способом

№ батометра	Заданный горизонт, м	Угол наклона троса, °	Отсчет счетчика, м	№ батометра	Заданный горизонт, м	Угол наклона троса, °	Отсчет счетчика, м	№ батометра	Заданный горизонт, м	Угол наклона троса, °	Отсчет счетчика, м
1	0	50	1638	7	100	50	1474	13	500	45	744
2	10		1622	8	150		1392	14	600		595
3	20		1606	9	200		1310	15	800		298
4	30		1590	10	250		1228	16	1000		0
5	50		1556	11	300		1147				
6	75		1515	12	400		983				

3) измеряют угол наклона троса (45°). Прикрепляют к тросу батометр № 15. Находят в таблице отсчет счетчика, соответствующий расстоянию h между батометрами № 16 и 14 (400 м) при $\alpha=45°$. Он равен 595 м. Опускают батометры до этого отсчета;

4) измеряют угол наклона троса (45°), прикрепляют к тросу батометр № 14, находят в таблице отсчет счетчика для расстояния между батометрами № 16 и 13 (500 м) при $\alpha=45°$. Он равен 744 м, опускают батометры до этого отсчета;

5) измеряют угол наклона троса (45°). Навешивают батометр № 13. Находят в таблице отсчет счетчика, соответствующий расстоянию h между батометрами № 16 и 12 (600 м) при $\alpha=45°$. Он равен 893 м, опускают батометры до этого отсчета;

6) измеряют угол наклона троса (50°). Так как угол α изменился, то находят в таблице отсчет счетчика, соответствующий расстоянию $h=600$ м при $\alpha=50°$. Он равен 983 м, стравливают трос до этого отсчета. Навешивают батометр № 12. Находят отсчет счетчика, соответствующий расстоянию между батометрами № 16 и 11 (700 м) при $\alpha=50°$. Он равен 1147 м, опускают батометры до этого отсчета;

7) измеряют угол наклона троса ($\alpha=50°$); прикрепляют к тросу батометр № 11. Находят отсчет счетчика, соответствующий расстоянию между батометрами № 16 и 10 (750 м) при $\alpha=50°$. Он равен 1228 м, стравливают трос до этого отсчета.

Аналогичным образом поступают с остальными батометрами.

Таким образом, при навеске очередного батометра вытравливается столько троса, сколько потребовалось бы, если бы трос шел по прямой под углом, равным углу наклона троса при навешивании этого батометра на трос. Следует отметить, что оба способа расчета, в особенности второй, дают в основном завышение глубины погружения приборов, однако в этих случаях весь слой будет исследован, истинные же глубины погружения приборов определяются при помощи термометров-глубомеров.

11.7. Автоматический батометр-батитермограф ГМ-7-III

Автоматический батометр-батитермограф предназначен для взятия за один прием проб морской воды на горизонтах 10, 15, 25, 50, 75, 100, 150 и 200 м и для одновременной записи температуры воды в слое от поверхности до 200 м.

Устройство автоматического батометра-батитермографа ГМ-7-III. Общий вид прибора показан на рис. 11.10. Прибор состоит из следующих основных частей: 1) термоблока, 2) батиблока, 3) корпуса с восемью подпружиненными штоками, 4) восьми сосудов.

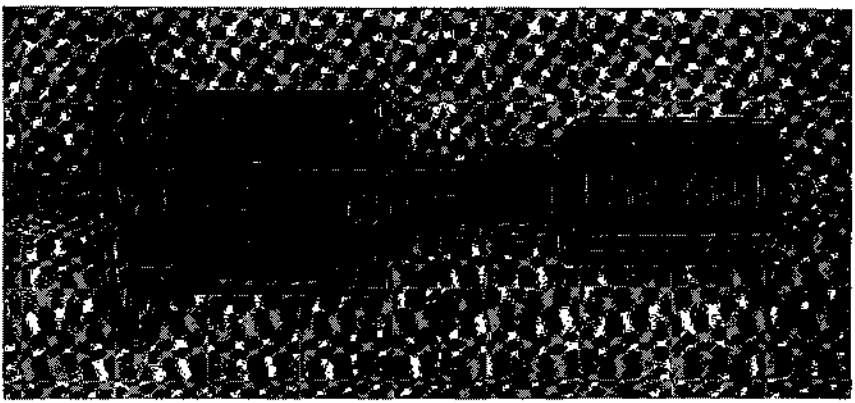


Рис. 11.10. Автоматический батометр-батитермограф ГМ-7-III.

Термоблок устроен так же, как и термоблок батитермографа ГМ-9-III. Батиблок также состоит из трех сильфонов, спаянных между собой, внутри которых помещена цилиндрическая пружина. Один конец блока сильфонов припаян к головке и остается неподвижным по отношению к корпусу прибора, другой закрыт втулкой,

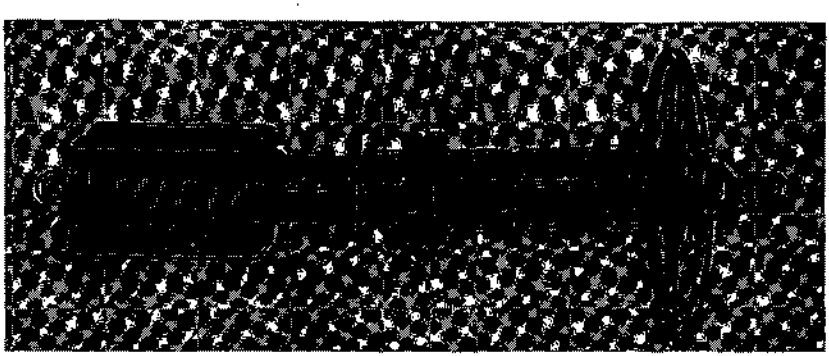


Рис. 11.11. Корпус автоматического батометра-батитермографа.

несущей столик со стеклом и упорное кольцо. Столик со стеклом и кольцо перемещаются при погружении прибора вдоль оси батиблока. Корпус соединяет термоблок с батиблоком и защищает их от механических повреждений. На корпусе укреплены два фасонных кольца (рис. 11.11), на которых устанавливаются восемь сосудов для забора проб воды, а также восемь подпружиненных штоков различной длины, несущих втулки с зубьями.

Каждый сосуд представляет собой цилиндр емкостью 100 см^3, на концах которого имеются краны с коническими пробками. Обе пробки соединены между собой тягой, приводимой в движение цилиндрической пружиной, один конец которой прикреплен к тяге, а другой к сосуду. Свободное положение пружины соответствует крайнему переднему положению тяги и перекрытому состоянию кранов. Кольца служат также подшипниками для штоков. Для предотвращения поворота штоков на корпусе имеется 8 направляющих, по которым перемещаются зубья штоков. При погружении прибора свободный конец батиблока перемещается в головке и упорное кольцо, закрепленное на нем, подходит поочередно к каждому из штоков и перемещает его в том же направлении. При этом зуб скользит вдоль фиксатора, находящегося на тяге сосуда. В определенный момент зуб сходит с фиксатора, освобождая тягу, которая под действием пружины перемещается вперед, закрывая (поворачивая) пробки кранов сосуда.

Между термоблоком и упорным кольцом имеется откидывающаяся заслонка для включения арретира.

На фасонном кольце, расположенном около рыма для троса, устанавливаются на резьбе четыре стойки для крепления защитного кольца. Для хранения и транспортировки прибора в укладочном ящике стойка и защитное кольцо снимаются с него. Для сливания проб воды служит пробка с отверстием, в которое вставлена изогнутая металлическая трубка. При сливании пробы трубка вставляется в отверстие сосуда, после чего открываются его краны.

Проверка прибора. Перед началом работ следует проверить: 1) герметичность сосудов батометра путем осмотра поднятого с глубины, наполненного водой и вытертого досуха батометра. После того, как батометр подняли с глубины, вода не должна просачиваться наружу; 2) четкость записи на стекле; 3) степень прижимания стрелок к стеклу; 4) работу термоблока.

Последние три проверки производятся таким же образом, как и соответствующие проверки батитермографа.

Перед опусканием прибора проверяют: 1) надежно ли прикреплен батометр к тросу и сосуды к корпусу прибора; 2) открыты ли все сосуды батометра; 3) закрыты ли отверстия термоблока.

Автоматический батометр-батитермограф не реже одного раза в год поверяют в поверительной организации.

Уход за прибором. Необходимо следить за тем, чтобы на батометре, в особенности внутри сосудов не образовался осадок солей от морской воды. Для этого батометр после работы промывают пресной водой и просушивают. На судне, как и в обсерватории или на станции, батометр хранится в специальном ящике с гнездами или в специальной стойке. Перья при хранении должны быть арретированы. Если при загрязнении регистрирующей части прибора, промывка батометра пресной водой не помогает, можно разобрать прибор и осторожно прочистить его мягкой волосяной кисточкой. Батометр разбирается так же, как и батитермограф. Без крайней необходимости разбирать батометр не следует.

При работах в зимнее время необходимо принимать те же меры, против обмерзания батометра, что и против обмерзания опрокидывающихся батометров.

Работа с прибором. Работа с прибором производится следующим образом: 1) при помощи соединительной скобы (чекеля) прикрепляют батометр к концу троса так же, как и батитермограф; 2) прикрепляют сосуды к корпусу батометра; 3) открывают краны сосудов и закрепляют их в открытом состоянии; 4) вставляют в пазы столика стекло, обращенное покрытием к перьям, и закрывают отверстия; 5) прибор выносят за борт и опускают в воду. В момент соприкосновения термоблока с водой ставят стрелки блок-счетчика на нуль; 6) при опускании батометра на стоянке прибор погружают на наибольшую возможную глубину, но не более чем на 200 м, измеряют угол наклона троса, вводят поправку на наклон троса и опускают батометр на заданный горизонт с учетом этой поправки; 7) работу с прибором на ходу при значительной и большой скорости судна производить не рекомендуется во избежание потери прибора; 8) немедленно после того, как заданная длина троса будет вытравлена, батометр поднимают. В отверстие сосуда вставляют приспособление для сливания проб, краны открывают и наливают пробу воды в соответствующую склянку; 9) открывают отверстия для смены стекол и отверстие для арретира и вынимают из батометра стекло. Стекло просушивают, ставят на нем номер и дату и помещают в ящик для стекол; 10) батометр промывают в пресной воде, просушивают и насухо вытирают.

11.8. Хранение проб воды

Пробы воды наливают в специальные склянки[1], изготовленные из невыщелачиваемого морской водой стекла и герметически закрывающиеся, емкостью 100—200 мл. Этим требованиям удовлетворяют бутылки из зеленого стекла со специальными фарфоровыми пробками на резиновой прокладке. Если специальных склянок нет, можно пользоваться и другими соответствующей емкости. Склянки из темного стекла выщелачиваются значительно меньше, чем из простого бесцветного. Склянки для проб воды, впервые употребляемые для хранения проб, необходимо за несколько недель до начала работ наполнить морской водой до горлышка, чтобы выщелочить растворимые элементы стекла. После этого склянки промывают пресной водой. Если они уже употреблялись для проб, достаточно промыть их сначала горячей мыльной, а потом холодной пресной водой. Вымытые склянки просушивают, держа их в стойках вверх дном, затем затыкают пробками и укладывают в ящики. Перед наполнением склянку промывают три раза исследуемой водой, чтобы удалить остатки пресной воды, или воды, предшествующей пробы.

[1] Гидрохимическая и гидробиологическая посуда описывается в специальных руководствах по этим видам исследований. Здесь дается описание посуды только для хранения проб на соленость.

При длительном хранении проб или транспортировке их в неблагоприятных условиях — с резкими колебаниями температуры — заливать пробки склянок следует менделеевской замазкой или восковой массой, состоящей из двух частей воска, двух частей парафина и одной части канифоли. Восковую массу доводят до кипения, все время перемешивая ее. Пробку плотно зажимают в горлышко склянки, протирают пробку и горлышко склянки тряпкой и погружают на несколько секунд в горячую массу. Не рекомендуется заливать пробы, температура которых ниже 5°С, так как при повышении температуры пробы увеличивается давление воздуха внутри склянки. Вследствие этого слой замазки может быть нарушен и проба будет испорчена. При невозможности заливать пробки менделеевской замазкой или восковой массой можно закупорить склянки резиновыми пробками и надеть поверх их резиновые колпачки (соски).

Склянки надо хранить в гнездах специальных ящиков, дно и крышка которых подбивается войлоком. Каждый ящик должен иметь запор и две ручки. В ящике следует помещать не более 50 склянок на 200 мл, ящики большого размера неудобны в работе и при транспортировке.

Глава 12. ОПРЕДЕЛЕНИЕ СОЛЕНОСТИ И ЭЛЕКТРОПРОВОДНОСТИ МОРСКОЙ ВОДЫ

Соленостью морской воды называется суммарное количество всех твердых минеральных растворенных веществ в граммах, содержащихся в 1 кг морской воды, при условии, что бром и йод замещены эквивалентным количеством хлора, все углекислые соли переведены в окислы, а все органические вещества сожжены при температуре 480° (ГОСТ 18456—73).

В океанографии приняты косвенные методы определения солености:

а) аргентометрический метод определения солености по хлору;

б) электромагнитный метод определения солености по электропроводности воды;

в) метод ареометрирования, определения солености по удельному весу морской воды.

Первые два метода являются высокоточными и вместе с тем достаточно простыми, третий — простой, но менее точный, его описание дается в [127].

Соленость этими методами определяется в пробах воды. Электромагнитный метод принят также для определения солености in situ, непосредственно в море (см. гл. 22.7).

12.1. Аргентометрический метод определения хлорности и солености морской воды

Аргентометрический метод или метод определения солености морской воды по хлору, является наиболее распространенным, до-

статочно простым и вместе с тем точным. Сущность его заключается в следующем. На основании многочисленных исследований установлено, что процентное содержание веществ, входящих в сложный солевой состав морской воды, постоянно.

Соленость, т. е. суммарное содержание растворенных веществ, может меняться в морской воде в довольно значительных пределах, но количественное соотношение отдельных элементов солевого состава воды остается практически постоянным. Эта зависимость нарушается только в опресненных водах ряда морей, предустьевых пространствах и заливах.

Для определения солености достаточно точно определить содержание в воде только какого-либо одного элемента, чтобы затем путем вычислений найти суммарную соленость. Таким элементом был выбран хлор Cl, определить который можно быстро и точно даже в экспедиционных условиях.

Для океанической воды и воды морей, имеющих хороший водообмен с океаном, соотношение между соленостью S и хлорностью Cl определяется формулой Кнудсена

$$S = 0{,}03 + 1{,}805\mathrm{Cl}$$

и формулой, принятой в «Международных океанологических таблицах» [114],

$$S = 1{,}806\,55\mathrm{Cl},$$

где S, Cl в ‰.

Для полузамкнутых и замкнутых морей приняты следующие формулы:

Соленость, ‰	Море
$S = 0{,}115 + 1{,}805\mathrm{Cl}$‰	Балтийское море
$S = 0{,}130 + 1{,}850\mathrm{Cl}$‰	Рижский залив
$S = 0{,}184 + 1{,}7950\mathrm{Cl}$‰	Черное море
$S = 0{,}230 + 1{,}792\mathrm{Cl}$‰	Азовское море
$S = 0{,}263 + 1{,}664\mathrm{Cl} + 0{,}0294\mathrm{Cl}^{20}$‰	Таганрогский залив и приустьевые участки рек Азовского моря
$S = 0{,}14 + 2{,}36\mathrm{Cl}$‰	Каспийское море
$S = 2{,}386\mathrm{Cl}$‰	Каспийское море, кроме распресненной северной части
$S = 0{,}264 + 2{,}791\mathrm{Cl}$‰	Аральское море

Так как хлорность морской воды яляется основной исходной величиной при вычислении солености морской воды, то при определении хлорности необходима строгая стандартизация в целях получения точных и сравнимых результатов.

Сущность метода определения хлорности заключается в том, что точно отмеренную пробу морской воды (15 мл) титруют

раствором азотнокислого серебра ($AgNO_3$) определенной концентрации до прекращения образования белого творожистого осадка хлористого серебра

$$Cl^- + Ag^+ \rightarrow \underline{AgCl}\downarrow.$$

Для точного определения конца образования осадка применяется индикатор — раствор хромовокислого калия (K_2CrO_4), который в количестве нескольких капель прибавляется к титруемой пробе морской воды. Хромовокислый калий дает с раствором азотнокислого серебра осадок оранжевого цвета, причем образование оранжевого осадка начинается только тогда, когда произойдет полное осаждение хлора, и в момент окончания осаждения хлора титруемая жидкость и осадок меняют свой цвет:

$$CrO_4^{2-} + 2Ag^+ = Ag_2CrO_4.$$

Раствор азотнокислого серебра, для определения хлорности морской воды, приготовляется такой концентрации, чтобы отсчет бюретки при титровании морской воды приблизительно отвечал хлорности.

Для проверки титра раствора азотнокислого серебра предварительно титруется (стандартная или нормальная) вода с точно известной хлорностью. Нормальная вода, употребляемая для установки титра раствора азотнокислого серебра, представляет собой фильтрованную морскую (океаническую) воду, содержание хлора (хлорность) которой точно определено и близко к 19,38‰. Вода имеющая хлорность 19,38‰, имеет соленость 35,00‰, эта соленость близка к солености воды океана. Нормальная морская вода с точно определенной хлорностью приготовляется в запаянных стеклянных баллонах емкостью 100—250 мл.

Титрование 15 мл нормальной воды с хлорностью 19,38‰ требует, чтобы отсчет бюретки соответствовал этой величине, т. е. был близким к 19,38 деления бюретки. Допускается отклонение отсчета в пределах от —0,150 до +0,145 деления при последующем введении соответствующих поправок.

После проверки титра раствора азотнокислого серебра приступают к титрованию исследуемых проб морской воды в совершенно тех же условиях, что и при титровании нормальной воды.

По количеству раствора азотнокислого серебра, израсходованного на титрование нормальной воды и на титрование исследуемой пробы, хлорность последней может быть вычислена по следующей формуле:

$$\frac{Cl}{N} = \frac{a}{V_\rho} \Big/ \frac{A}{V'_{\rho'}} = \frac{a\rho'}{A\rho},$$

где Cl — искомая хлорность исследуемой морской воды, N — хлорность нормальной воды (указывается на этикетке баллона), a — отсчет бюретки после титрования пробы морской воды, A — отсчет бюретки после титрования нормальной воды, V — объем пробы

воды и нормальной воды (для титрования всегда берется одинаковый объем пробы воды — 15 мл), ρ — удельный вес нормальной воды, ρ' — удельный вес исследуемой морской воды.

Из всех приведенных величин неизвестными являются Cl и S, причем величина S является функцией от Cl. Таким образом, непосредственное вычисление хлорности исследуемой воды с необходимой точностью по этой формуле представляется довольно сложным.

В океанологических таблицах Н. Н. Зубова [51] имеются табл. 146—148, позволяющие просто вычислять истинную хлорность по данным титрования.

12.2. Приборы и посуда для титрования

Для аргентометрического определения хлорности морской воды разработаны стандартные приборы и посуда, позволяющие быстро и с необходимой точностью производить титрование. Основными приборами для определения хлорности (солености) морской воды титрованием являются бюретки и пипетки типа Кнудсена (рис. 12.1) и конструкции ГОИНа (рис. 12.2). Эти приборы имеют устройство для автоматической установки раствора на нулевое деление, которое осуществляется при помощи двухходового крана 1. При заполнении бюретки раствором азотнокислого серебра двухходовой кран устанавливается так, чтобы бюретка сообщалась с резервуаром-приемником *4*, расположенным выше крана. Раствор поступает через отросток в нижней части бюретки, имеющей одноходовой кран *2*. Как только часть раствора перельется в резервуар-приемник *4*, оба крана перекрывают. При титровании двухходовой кран устанавливается в положение, указанное на рис. 12.1 *а*.

Второй особенностью автоматических морских бюреток Кнудсена является то, что каждое целое деление бюретки имеет объем, равный 2 мл, и каждое целое деление подразделяется на 20 дробных делений (0,05). Это позволяет вести визуальный отсчет положения мениска при титровании до 0,01 целого деления.

В практике используются бюретки двух видов: 1) бюретки для титрования проб воды с соленостью, близкой к солености вод океана; 2) бюретки для титрования проб морской воды с низкой соленостью.

Пипетки, согласно общепринятому международному стандарту, применяются всюду одинаковой емкости — 15 мл.

На рис. 12.1 *а* представлена схема устройства автоматической бюретки Кнудсена, предназначенной для титрования проб воды с высокой соленостью; т. к. в этом случае исключается необходимость отсчетов верхней части бюретки, то для уменьшения габаритов прибора в верхней его части имеется шарообразное расширение *3* емкостью 32 мл и ниже его рабочая градуированная часть от 16 до 20 целых делений бюретки. Шкала такой бюретки позволяет определять соленость в пробах морской воды от 28,9 до 37,9‰.

Бюретки для низкой солености имеют градуированную часть, начинающуюся выше шарообразного расширения *3*, которое

находится в этом случае в средней части бюретки. При очень широком диапазоне изменений солености применяются бюретки, имеющие градуировку по всей длине бюретки.

Пипетка емкостью 15 мл представлена на рис. 12.1 *б*. Такая пипетка заполняется титруемой водой путем опускания конца пипетки *6* в бутыль с исследуемой пробой и втягивания воды ртом через трубку *5*, расположенную выше двухходового крана *1*. В Государственном океанографическом институте разработан новый

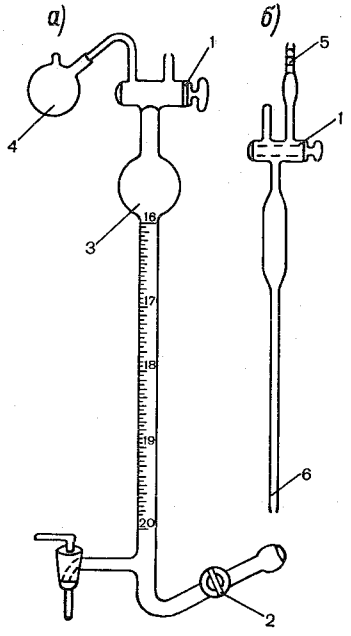


Рис. 12.1. Бюретка *(а)* и пипетка *(б)* типа Кнудсена для определения хлорности (солености) морской воды титрованием.

1 — двухходовый кран, *2* — одноходовый кран, *3* — шарообразное расширение, *4* — резервуар-приемник, *5* — трубка, *6* — конец пипетки.

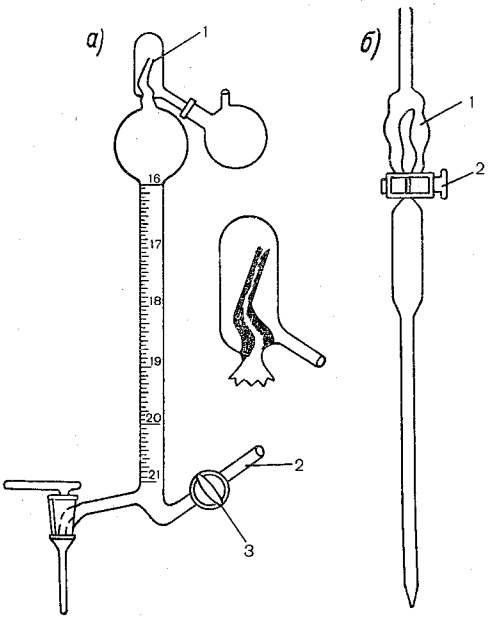


Рис. 12.2. Бюретка *(а)* и пипетка *(б)* Государственного океанографического института.

а) *1* — капилляр, *2* — трубка, *3* — кран; *б)* *1* — резервуар, *2* — кран.

тип морских бюреток и пипеток рис. 12.2. Автоматическая установка титрованного раствора на нулевое деление прибора осуществляется в новом типе бюреток при помощи капилляра особой формы («журавлиный клюв»), которым заканчивается верхняя часть бюретки (рис. 12.2 *а*).

Бюретка наполняется раствором через трубку *3*, соединенную с расположенной на полке выше верхнего конца бюретки бутылью, в которой находится титрованный раствор. (Раствор может также нагнетаться в бюретку грушею *9*, как показано на рис. 12.3.) Открыв кран *2*, заполняют бюретку раствором до тех пор, пока

незначительное его количество выльется из верхнего конца капилляра, затем немедленно закрывают кран *2*, после чего бюретка к работе готова. Никаких дополнительных манипуляций для установки раствора на нулевое деление не требуется. Бюретки ГОИНа изготовляются для широкого диапазона измерений солености и для низких соленостей.

Аналогичным путем заполняется и автоматическая пипетка (рис. 12.2 *б*). Открыв кран *2*, всасывают воду до тех пор, пока некоторое ее количество не перельется в резервуар *1*, затем кран закрывают. Для освобождения пипетки достаточно открыть кран *2*.

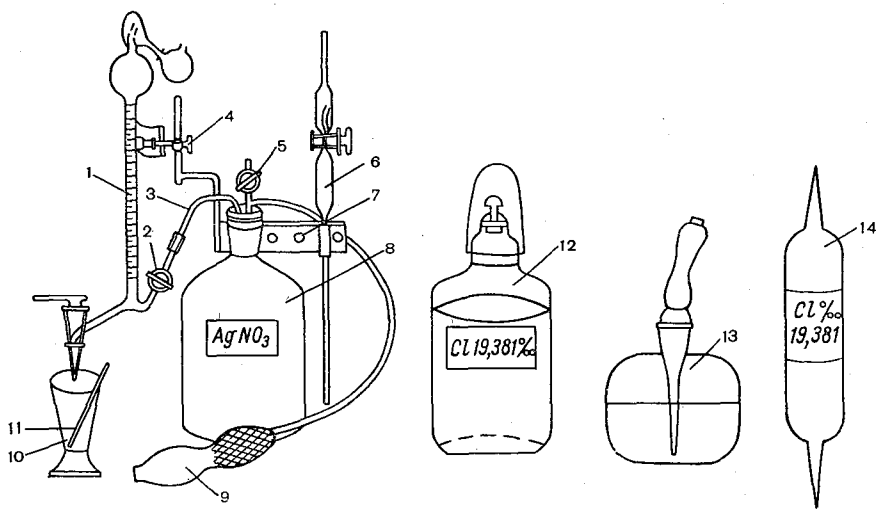


Рис. 12.3. Переносная титровальная установка для определения хлорности морской воды.

1 — бюретка, *2*, *5* — краны, *3* — трубка, *4* — зажим, *6* — пипетка, *7* — деталь штатива, *8* — бутыль, *9* — груша резиновая, *10* — титровальная рюмка, *11* — стеклянная палочка, *12* — склянка для нормальной воды, *13* — капельница, *14* — баллон с нормальной водой.

Бюретки для определения хлорности обязательно должны быть прокалиброванными и иметь инструментальные поправки (калибровочные кривые).

Описанный выше принцип определения хлорности исключает необходимость калибрации пипеток, однако предусматривает как совершенно обязательное условие применение одной и той же пипетки при титровании нормальной воды и при последующем титровании проб со строгим соблюдением однообразия всех операций и всех указанных ниже условий работы.

Кроме автоматических бюреток и пипеток, для определения солености морской воды аргентометрическим методом необходимо иметь следующий набор посуды (рис. 12.3):

1) титровальную рюмку *10* емкостью 300 мл с толстостенным дном. Замена титровальных рюмок каким-либо другим сосудом

при перемешивании вручную не допускается; в случае применения магнитной мешалки необходимо использовать цилиндрические стаканчики объемом 100—150 мл.;

2) стеклянную палочку *11* для перемешивания титруемой жидкости. Концы палочки следует оплавить и на нижний конец палочки надеть небольшой кусок (длиной 2—2,5 см) резиновой трубки во избежание повреждений титровальной рюмки;

3) склянки *12* для хранения нормальной воды емкостью около 300 мл. Во избежание изменения хлорности нормальной воды при хранении вследствие испарения необходимо иметь склянку с притертой пробкой и стеклянным колпаком, также притертым. При отсутствии склянки с колпаком возможно применение обычной склянки лабораторного типа соответствующей емкости с хорошо притертой стеклянной или лучше хорошо подобранной резиновой пробкой. В этом случае необходимо поверх пробки надевать резиновый колпачок;

4) капельницу *13* для хранения индикатора. Применяется обычно капельница лабораторная с резиновой пипеткой или другого типа. Запас индикатора (раствор хромовокислого калия) хранится в обычной лабораторной склянке с притертой или резиновой пробкой;

5) бутыль (склянку) *8* для раствора азотнокислого серебра емкостью 3—5 л и больше, желательно оранжевого стекла. Если нет бутылей оранжевого стекла, то можно употреблять бутыли белого стекла, которые обязательно должны быть покрыты снаружи сплошным слоем черного асфальтового лака или оклеены черной фотографической бумагой для предохранения серебряного раствора от разложения под действием света. Бутыль снабжают резиновой или в крайнем случае корковой пробкой, прочно прилегающей к горлу бутыли, с двумя отверстиями для стеклянных трубок, одна из которых служит для подведения раствора к бюретке, другая — для поступления воздуха в бутыль. Кроме того должна быть вторая пробка такого же размера без отверстий для закрывания бутыли при взбалтывании раствора при его приготовлении;

6) промывалку для дистиллированной воды;

7) банку с широким горлом для сливания отходов хлористого серебра после титрования. Так как, согласно существующим положениям, отходы серебра после титрования азотносеребряным раствором сдаются Вторцветмету для переработки, их следует тщательно собирать. Поэтому осадок хлористого серебра смывают в соответствующий сосуд;

8) кроме перечисленных приборов и посуды, должен быть некоторый запас стеклянных палочек (тонких, диаметром не более 5 мм), стеклянных трубок, резиновых соединительных трубок, пробок, фильтровальной бумаги, полотенце, фарфоровая ступка с пестиком и стеклянные воронки. На рис. 12.3 показан также баллон *14* с нормальной водой, содержание хлора в которой известно и указано на этикетке баллона.

12.3. Реактивы для титрования на хлор

1. Основным раствором для аргентометрического определения солености морской воды является *раствор азотнокислого серебра* $AgNO_3$. Для воды с океанской соленостью (Cl = 19,38‰, S = 35,00‰, удельный вес 1,02674) концентрация азотнокислого серебра составит

$$\frac{4{,}791 \cdot 15 \cdot 1{,}026\,74}{2} = 36{,}92 \text{ г},$$

где 4,791 — количество $AgNO_3$, осаждающее 1 г хлора при условии, что на титрование берется 15 мл морской воды.

Принимая во внимание, что азотносеребряная соль, которая имеется в продаже, всегда содержит некоторое количество примеси, отвешивают на каждый литр приготовляемого раствора несколько большее количество азотносеребряной соли — 37,1 г. Судовые лаборатории обычно снабжаются химикатами в виде готовых навесок, изготовляемых береговыми гидрохимическими лабораториями. При наличии технических весов навески азотнокислого серебра готовят на судне. Обычно приготовляют 5—10 л раствора азотнокислого серебра. В этом случае отвешивают соответствующее количество азотнокислого серебра, переводят его в мерную колбу емкостью 1 л или в мерный цилиндр той же емкости, растворяют соль сначала в небольшом количестве дистиллированной воды, затем доводят раствор до 1 л, переливают в бутыль и доливают до нужного объема мерной колбой или цилиндром остальное количество дистиллированной воды. Бутыль закрывают пробкой и тщательно перемешивают раствор, встряхивая бутыль. Лучше раствор азотнокислого серебра приготовлять в конце рабочего дня и после взбалтывания дать ему отстояться в течение ночи. Раствор должен быть совершенно прозрачным. В противном случае раствор отстаивается в темном месте до полного просветления. Поэтому рекомендуется раствор приготовлять заблаговременно, чтобы он мог отстояться в течение нескольких дней. Отстоявшийся раствор сливают с осадка (сифонируют) в другую чистую бутыль.

2. *Нормальная морская вода.* Перед работой вскрывается баллон *14* рис. 12.3. Для этого следует надрезать острым напильником узкую трубку баллона, ополоснуть склянку два-три раза небольшим количеством нормальной воды, затем перелить содержимое баллона в склянку и тотчас закрыть ее пробкой и колпаком.

3. *Индикатор* приготовляется следующим образом: отвешивается на технических весах 10 г чистой хромовокалиевой соли K_2CrO_4 и растворяется в мерной колбе или цилиндре емкостью 100 мл так, чтобы общий объем воды и соли был равен 100 мл (10%-ный раствор). Судовые лаборатории обычно снабжаются готовыми навесками хромовокалиевой соли, приготовляемыми

в береговых гидрохимических лабораториях, либо готовят навески сами при наличии технических весов.

4. *Хромовую смесь* для мытья измерительных приборов получают готовую.

5. *Мазь* для смазывания стеклянных кранов бюреток и пипеток.

12.4. Ход определения хлорности. Запись результатов и вычисление солености

Рабочее место для титрования оборудуют в гидрохимической или гидрологической лаборатории. Занавеской защищают его от прямого солнечного света. На рабочем столе в соответствующих гнездах размещают и закрепляют прибор для титрования, все необходимое оборудование и посуду.

Прибор должен быть размещен так, чтобы им было удобно пользоваться. Его можно собирать различными способами.

1. Бутыль с раствором азотнокислого серебра помещается и закрепляется на полке выше нулевого деления бюретки. Наполнение бюретки производится самотеком через трубку (рис. 12.1 *а*), соединенную с бутылью. Открыв кран *2*, заполняют бюретку раствором до тех пор, пока незначительное его количество выльется в резервуар *4*, затем кран закрывают.

Регулирование подачи раствора из склянки должно производиться исключительно при помощи винтового зажима, надетого на резиновую соединительную трубку, даже при наличии стеклянного крана *2*, так как не исключена возможность, что он выпадет или резиновая трубка прорвется и раствор вытечет. Аналогично производится заполнение бюретки ГОИНа.

2. Бутыль помещается и закрепляется на столе, тогда бюретка наполняется раствором двумя способами:

а) нагнетанием резиновой груши (рис. 12.3);

б) вытягиванием воздуха ртом через резиновую трубку, соединенную с верхним концом бюретки (рис. 12.2).

При соединении склянки с бюреткой следует стремиться к тому, чтобы резиновые соединения были как можно меньше и короче, так как азотнокислое серебро реагирует с резиной, которая теряет свою эластичность и ломается.

Подготовка посуды к определению хлора. Перед титрованием бюретку и пипетку тщательно промывают (очищают) хромовой смесью, соблюдая осторожность, чтобы их не повредить.

Предостережение. Хромовая смесь — чрезвычайно едкое вещество, оставляющее ожоги при попадании на кожу рук, лица и другие незащищенные участки тела. Ткань одежды при попадании на нее брызг хромовой смеси легко разрушается. При работе с хромовой смесью следует соблюдать предельную осторожность.

Хромовая смесь, которая после длительного или неправильного хранения приобрела зеленый цвет, необходимо заменить свежей.

Отработанную хромовую смесь во избежание разъедания канализационных труб недопустимо выливать в водопроводные раковины. Ее следует выливать в канализацию и смывать большим количеством воды.

Перед обработкой хромовой смесью бюретка и пипетка должны быть вымыты пресной водой. Воде во избежание разбавления хромовой смеси необходимо после этого дать стечь полностью.

Недопустимо перед применением хромовой смеси мыть посуду морской водой, нужно следить, чтобы морская вода не попала в хромовую смесь. Хлориды морской воды реагируют с хромовой смесью, выделяя удушливые пары, содержащие хлор и хлористый водород. При этом хромовая смесь восстанавливается, приобретает зеленый цвет и теряет свои моющие свойства. При правильном применении моющие свойства хромовой смеси сохраняются долго и она может применяться многократно.

Перед заполнением хромовой смесью бюретки (и пипетки) стеклянные краны вынимаются, с крана и из его гнезда тщательно удаляется смазка при помощи фильтровальной бумаги, смоченной чистым бензином, затем кран вставляется в гнездо и бюретка заполняется хромовой смесью. Под кран бюретки, заполненной хромовой смесью, ставится небольшая фарфоровая чашка на случай вытекания хромовой смеси из бюретки.

После обработки хромовой смесью посуду промывают несколько раз пресной водой до полного удаления кислоты, а затем три раза дистиллированной. Затем краны и их гнезда, бюретки и пипетки хорошо протирают фильтровальной бумагой и краны смазывают особой смазкой. Смазка необходима для того, чтобы кран легко вращался в гнезде (не заедал) и более плотно прилегал к стенкам гнезда. Плохо смазанные краны «подтекают», и работа с ними ведет к погрешностям.

Для смазки кранов бюретки и пипетки рекомендуется мазь, получаемая осторожным сплавливанием равных по весу количеств чистого вазелина и пчелиного воска. Воск может быть заменен парафином, который берется в количестве не более $^1/_3$ массы вазелина.

Кран необходимо смазывать не слишком толстым слоем смазки, так как избыток ее засоряет проходное отверстие кранов и нижнее выходное отверстие. Проникая в градуированную часть бюретки, смазка делает жирной внутреннюю ее поверхность, вызывая необходимость повторной ее обработки хромовой смесью.

Хорошо вымытая посуда должна изнутри равномерно смачиваться водой. На стенках не должны появляться висящие капли воды или образовываться подтеки. В противном случае обработку посуды хромовой смесью повторяют.

Определение поправки к титру азотнокислого серебра. Перед началом обработки проб после промывания бюретки дистиллированной водой ее ополаскивают раствором азотнокислого серебра, дважды наполняя и сливая раствор в чистый стакан. Затем находят поправку раствора азотнокислого серебра по нормальной воде. Для этого заполняют бюретку раствором, отмеривают пипеткой объем нормальной воды, соблюдая следующий порядок. Тщательно промытую хромовой смесью и водой пипетку сначала ополаскивают три раза небольшим количеством отмериваемой нормальной

воды, отлитой в отдельную склянку, и только после этого наполняют пипетку, погрузив ее в склянку с основным запасом нормальной воды, вытирают влажный конец пипетки чистым полотенцем или фильтровальной бумагой и сливают содержимое пипетки в титровальную рюмку. Чтобы не разбрызгивалась отмериваемая жидкость, сливание следует производить по стенке титровальной рюмки, касаясь ее концом пипетки. После истечения жидкости выжидают 15 с, не отнимая конца пипетки от стенки титровальной рюмки, чтобы со стенок пипетки стекли остатки отмериваемой жидкости, после чего пипетку ставят на место. Напомним, что выдувание оставшейся жидкости из пипетки не допускается.

К отмеренному количеству нормальной воды прибавляется 5 капель индикатора (10%-ного раствора хромовокислого калия) затем, проверив правильно ли заполнена бюретка титровальным раствором серебра, не попали ли в нее пузырьки воздуха, открывают кран бюретки и титруют нормальную воду, обязательно энергично ее перемешивая стеклянной палочкой. Перемешивание производится для того, чтобы разбить образующиеся на дне титровальной рюмки крупные комья. В противном случае возникают большие погрешности. Сначала титрование ведут при полностью открытом кране бюретки, затем при появлении оранжево-красных пятен кран немного прикрывают и в дальнейшем титрование ведут прибавляя серебряный раствор по каплям, обязательно энергично перемешивая титруемую жидкость палочкой. Слабая, но отчетливо заметная оранжевая окраска титруемой жидкости, появившаяся от прибавления одной капли раствора и не исчезающая при перемешивании в течение 20—25 с, указывает на конец титрования. Кран закрывают, смывают все капли азотнокислого серебра и морской воды со стенок титровальной рюмки стекляной палочкой смачивая ее в оттитрованном растворе. Если при этом исчезает оранжевая окраска, пробу дотитровывают. Спустя 10—15 с записывают отсчет бюретки с точностью до 0,01 деления бюретки. Для визуального отсчета сотых долей деления бюретки следует пользоваться экранчиком из куска белого картона, наполовину зачерненного тушью. Отсчет выполняется по нижнему, резко очерченному краю мениска.

Записав отсчет бюретки, титрование повторяют при соблюдении тех же самых условий. Расхождение в отсчетах двух последовательных титрований не должно превышать 0,01 деления бюретки.

Чтобы найти поправку, следует взять среднее арифметическое из двух последовательных титрований.

Если расхождение в отсчетах титрований больше указанного значения, производят третье титрование. И если все же расхождение будет больше, то очевидно, что раствор азотнокислого серебра плохо перемешан. В этом случае необходимо еще раз тщательно перемешать раствор встряхиванием бутыли.

Следует помнить, что при пользовании «Океанологическими таблицами» необходимо, чтобы отсчет по бюретке не имел отклонения от требуемого теоретически, т. е. от хлорности нормальной

воды, указанной на этикетке баллона, более +0,145 и менее —0,150 деления шкалы бюретки.

Если же разница между отсчетом бюретки и хлорностью нормальной воды, указанной на этикетке находится за указанными пределами, раствор азотнокислого серебра должен быть исправлен добавлением воды или азотнокислого серебра. В этом случае, если отсчет бюретки A меньше допускаемого отклонения от хлорности морской воды, т. е. раствор оказался более крепким, необходимо долить в склянку с раствором рассчитанное количество дистиллированной воды.

Допустим, что было приготовлено 3 л раствора азотнокислого серебра. На предварительное титрование нормальной воды и на ополаскивание бюретки в общей сложности было израсходовано 100 мл раствора (или 50 делений бюретки), тогда в бутыли осталось 2900 мл раствора. При титровании этим раствором нормальной воды отсчет бюретки A равен 19,22 деления, при хлорности нормальной воды N, равной 19,380‰, разность $(A - N)$ между действительным отсчетом и требуемым равна +0,160. Отсюда следует, что на каждые 19,22 деления, или, принимая во внимание двойные объемы делений бюретки, 38,44 мл раствора азотнокислого серебра, необходимо добавить $0{,}160 \times 2 = 0{,}320$ мл воды, или на весь оставшийся объем раствора:

$$38{,}44 : 0{,}320 = 2900 : x,$$

откуда $x = 24{,}15$ мл. Таким образом, в склянку нужно добавить 24 мл воды и снова тщательно перемешать раствор. Аналогичным путем можно рассчитать и количество азотнокислого серебра, которое необходимо добавить, если раствор получится слабее требуемого, т. е. когда расход его больше нежели это допускается пределами поправок. Например, отсчет бюретки A при титровании нормальной воды равен 19,58 деления бюретки следовательно, в раствор необходимо добавить некоторое количество азотнокислого серебра. Расчет этого количества производится следующим образом. На каждый объем раствора, равный 19,58 деления бюретки (или 39,16 мл), остается излишек воды, равный 0,20 деления (или 0,40 мл). Общий излишек воды составит

$$39{,}16 : 0{,}40 = 2900 : x,$$

отсюда получаем $x = 29$, т. е. в растворе находится излишек воды, равный 29 мл. Зная, что в 1000 мл раствора находится 37,1 г азотнокислого серебра, которое должно заключаться в 29 мл раствора,

$$1000 : 37{,}1 = 29 : x,$$

откуда $x = 1{,}08$, т. е. на каждый литр оставшегося раствора следует добавить 1,08 г азотносеребряной соли. В нашем примере объем оставшегося раствора равен 2,9 л, следовательно, необходимо добавить 3,13 г азотносеребряной соли.

Расчет исправления концентраций раствора азотнокислого серебра может быть значительно облегчен применением следующих формул.

1. Раствор оказался крепче, т. е. $A<N$:

$$N-A=+\alpha;$$

$$x=(v-a)\frac{\alpha}{A},$$

где x — количество миллилитров воды, которое нужно добавить к раствору.

2. Раствор оказался слабее, т. е. $A>N$:

$$N-A=-\alpha;$$

$$x=\frac{(v-a)\,\alpha\cdot 37{,}1}{1000\cdot A},$$

где x — искомое количество азотнокислого серебра, которое нужно добавить к раствору, г; v — первоначальный объем раствора; a — число миллилитров раствора азотнокислого серебра, израсходованного на ополаскивание бюретки; A — расход серебряного раствора на титрование нормальной воды; N — хлорность нормальной воды; α — абсолютное значение разности $N-A$.

Для более быстрого нахождения количества воды или азотнокислого серебра, которое нужно прибавить к раствору, чтобы $\alpha=N-A$ было близко к нулю, не выходя за пределы, допускаемые Океанологическими таблицами, можно пользоваться номограммой, представленной на рис. 12.4.

В этой номограмме горизонтальные линии отвечают определенным значениям $\alpha=N-A$, причем по шкале справа α имеет знак минус (—), а слева знак плюс (+). Эти горизонтали пересекаются наклонной линией (диагональю). Отыскав на диагонали точку, соответствующую тому или другому значению $\alpha=N-A$ и проводя от этой точки вертикальную линию вниз (α со знаком плюс), на нижней горизонтали находят число миллилитров воды, которое необходимо добавить в раствор, или, проведя линию вверх (α со знаком минус), в верхнем ряду находят число граммов азотнокислого серебра, которое нужно прибавить на каждый литр приготовленного серебряного раствора.

После добавления воды или азотнокислого серебра раствор тщательно перемешивают многократным встряхиванием бутыли и титр его снова проверяют по нормальной воде.

Титрование проб морской воды производится точно так же, как описано для определения поправки раствора $AgNO_3$ титрованием нормальной воды. При этом необходимо, чтобы титруемые пробы воды приняли температуру лаборатории (15—20°). Поэтому к титрованию приступают после того, как пробы выстоятся в помещении лаборатории не менее одного часа. Титрование производится, когда накопится 20—30 проб. Это необходимо в целях экономии $AgNO_3$ и нормальной воды при установке титра. Пробы хранятся в бутыл-

ках, закупоренных резиновыми пробками, в закрытых ящиках при температуре 5—15°. Титрование должны выполнять специально подготовленные опытные наблюдатели. Чтобы легче улавливать изменение оттенка при титровании, его осуществляют на белом фоне, подкладывая под титровальную рюмку лист белой бумаги. Время от времени в течение рабочего дня необходимо производить контрольные титрования нормальной воды, особенно при изменении условий освещения или температуры помещения. Рекомендуются повторные титрования нормальной воды не реже чем через 15—20 титрований проб.

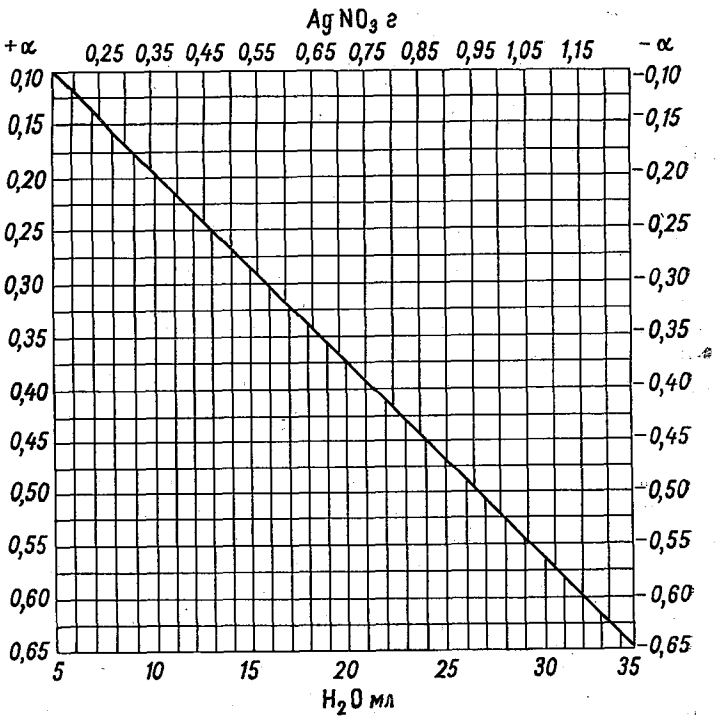


Рис. 12.4. Номограмма для приведения концентрации раствора азотнокислого серебра к нормальной.

При возникновении каких-либо сомнений в правильности титрования, оттенка в конце титрования, объема титруемой пробы, наполнения бюретки титрование повторяют, а при необходимости раствор азотнокислого серебра проверяют по нормальной воде.

Оттитрованная жидкость с осадком хлористого серебра сливается в особую банку для остатков серебра. При ее заполнении отстоявшуюся от осадка жидкость осторожно сливают, а хлористое серебро собирают, высушивают и сдают в береговую гидрохимическую лабораторию.

Титровальную рюмку ополаскивать дистиллированной водой не обязательно, так как остающиеся частицы хлористого серебра не могут повлиять на правильность титрования следующей пробы. Но если проба была оттитрована неправильно (перетитрована или недотитрована), титровальную рюмку тщательно промывают дистиллированной водой перед следующим титрованием.

По окончании работы пипетку заполняют дистиллированной водой, а бюретку — раствором азотнокислого серебра и покрывают чехлом из плотной черной материи во избежание разложения серебряного раствора под влиянием света. Если к концу работы замечено загрязнение бюретки или пипетки — появление жирных или висящих капель,— приборы обрабатываются хромовой смесью.

Результаты титрования записывают в рабочей книжке КГМ-9.

Хлорность вычисляют по формуле

$$Cl = a + K,$$

где Cl — хлорность, в ‰; a — исправленный отсчет бюретки после титрования пробы; K — поправка титрования, ее находят по [51].

Для того чтобы найти по таблице поправку K, вычисляют разность α между хлорностью нормальной воды N, по которой определялся титр раствора азотнокислого серебра, и исправленным отсчетом бюретки A после титрования нормальной воды:

$$\alpha = N - A;$$

α может иметь положительный или отрицательный знак.

После нахождения хлорности исследуемой пробы по таблицам соответствия Cl, S, $\rho_{17,5}$ находят соленость пробы, а также σ_0 и $\rho_{17,5}$.

Применение «Океанологических таблиц» с целью обработки оттитрованных проб морской воды допустимо лишь для морей, имеющих достаточно хороший водообмен с океаном.

Для обработки оттитрованных проб воды полуизолированных морей (Черное, Азовское) или внутриматериковых (Каспийское, Аральское) нельзя пользоваться табл. 7 соответствия Cl, S, σ_0, $\rho_{17,5}$ из [51], поскольку соотношения между хлорностью и соленостью вод этих морей будут иными, нежели для вод океана и связанных с ним морей [140].

12.5. Электромагнитный метод определения солености

Современное состояние физических методов и электронной техники позволило сконструировать большое число различных приборов для определения солености морской воды. Они основаны на измерении электропроводности воды, ее оптических свойств (рефрактометры, интерферометры), радиочастотной проводимости, плотности воды и других принципах.

Объединенная группа экспертов по океанографическим таблицам и стандартам (ОГЭОТС) ЮНЕСКО пришла к выводу, что наиболее точным является метод, основанный на измерении электро-

проводности воды, и соленость следует определять как функцию относительной электропроводности по формуле

$$S = -0{,}08996 + 28{,}29720R_{15} + 12{,}80832R_{15}^2 - \\ - 10{,}67869R_{15}^3 + 5{,}98624R_{15}^4 - 1{,}32311R_{15}^5,$$

где S — соленость, ‰; R_{15} — относительная электропроводность при температуре 15°С.

Под относительной электропроводностью понимается отношение электропроводности данной пробы воды к электропроводности воды, имеющей соленость точно 35‰, при одной и той же температуре и атмосферном давлении.

Морскую воду можно рассматривать как раствор неорганических солей, основную массу которых составляют соли сильных кислот и сильных оснований. Являясь электролитами, растворы этих солей в воде практически полностью диссоциируют на отдельные ионы. Поэтому морская вода обладает свойством электропроводности, которая зависит от количества содержащихся в ней неорганических солей (солености).

В связи с этим существуют методы определения солености морской воды, основанные на измерении ее электропроводности. Применение методов точного измерения электропроводности с использованием металлических контактов ограничивается вредным влиянием электролиза и поляризации на контактах. Поэтому наибольшее распространение получили методы бесконтактного определения электропроводности. Подробное описание принципа действия бесконтактного индукционного солемера приводится ниже.

Электросолемер ГМ-65. Прибор предназначен для измерения солености в стационарных и судовых лабораториях. Он измеряет относительную электропроводность проб морской воды по отношению к электропроводности нормальной воды, принимаемой за единицу.

Прибор является переносной конструкцией, состоящей из датчика, электронной части и насоса, помещенных в общий металлический футляр. Ручки управления, индикатор и шнур электропитания выведены на лицевую сторону прибора. На рис. 12.5 представлен внешний вид электросолемера.

Электронная часть прибора смонтирована на лицевой панели. Усилитель и генератор расположены на отдельном шасси и отделены друг от друга, а также от остальной части прибора электростатическим экраном. Переключатели делителя напряжения *1*, по показаниям которых производится отсчет относительной электропроводности, расположены в нижней части лицевой панели. В верхней части расположены переключатели *2* (магазины сопротивлений «Калибровка»), гнездо предохранителя *3*, шлиц переменного сопротивления установки нуля *4*, индикатор нуля *5*, арретир индикатора нуля *6*, ручка шкалы лимба измерения температуры *7*, выключатель питания *8*, переключатель вида измерений (v—k—t) *9*, выключатель нагрева *10* и переключатели магазина сопротивлений

«Компенсация» *11*. Справа расположены приемная и сливная камеры датчика *12* с кранами *14* и *15* и ручка насоса *13*.

Набор воды в датчик производится за счет разряжения, создаваемого вакуумным насосом при повороте ручки, расположенной на правой боковой стороне. Насос соединен со сливной камерой датчика гибкой трубкой.

Датчик (рис. 12.6) представляет собой прозрачный сосуд из органического стекла и состоит из двух разъемных частей — основания *4* и корпуса *1*, скрепленных при помощи четырех винтов *18*, и гер-

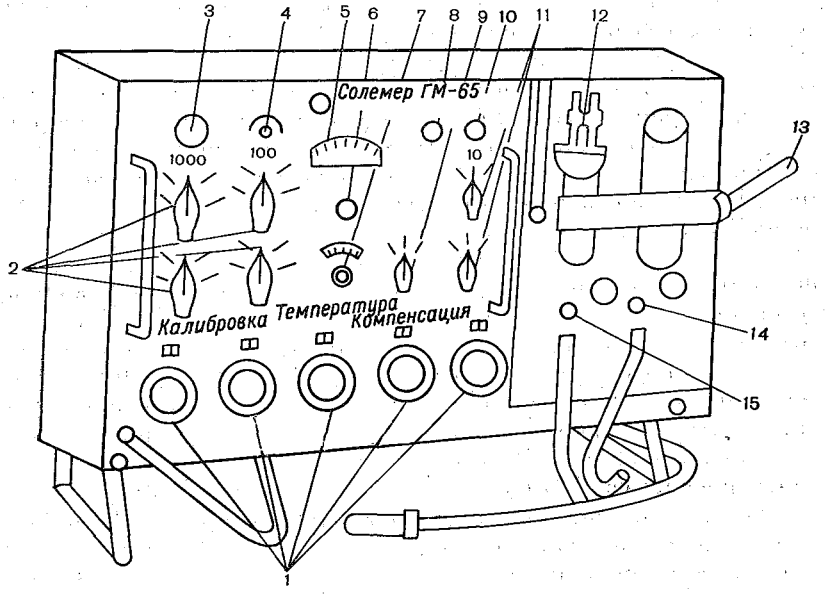


Рис. 12.5. Электросолемер ГМ-65.

1 — переключатели электропроводности, *2* — переключатели калибровки, *3* — предохранитель, *4* — установка нуля, *5* — индикатор нуля, *6* — арретир индикатора нуля, *7* — ручка лимба измерителя температуры, *8* — выключатель питания, *9* — переключатель вида измерений (*v—k—t*), *10* — выключатель нагрева, *11* — компенсация, *12* — камеры датчика, *13* — ручка насоса, *14*, *15* — сливные краны.

метизирующей прокладки *3*. К основанию жестко крепится тороидальный трансформатор *2*, датчик температуры *14*, датчик компенсации *15*, вилка штепсельного разъема *16*, ловители *17*, экран *19* и двигатель мешалки *8*. В основании находятся гнезда для невыпадающих винтов *20*, посредством которых датчик крепится к лицевой панели прибора.

В корпусе датчика имеются два углубления, образующие измерительную (левое углубление) и сливную камеры (правое углубление). Камеры в верхней части связаны между собой каналом *10*. В нижней части корпуса расположены два крана *11* с гибкими шлангами *13* для забора и слива воды. Перемешивание воды в измерительной камере производится мешалкой, ось *5* которой сое-

динена с осью двигателя *8* муфтой из двух проводков *6* и *7*. Герметизация измерительной камеры со стороны мешалки осуществлена сальником *9*, а со стороны кранов уплотнительными кольцами *12*.

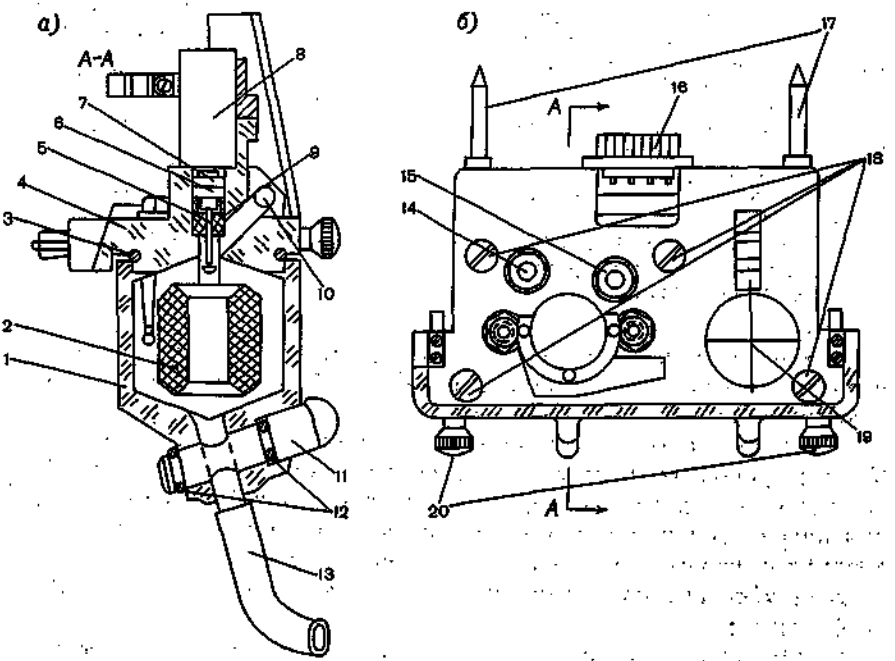


Рис. 12.6. Схема датчика электросолемера ГМ-65.

а — вид сбоку, *б* — вид сверху;
1 — корпус, *2* — тороидальный трансформатор, *3* — герметизирующая прокладка, *4* — основание датчика, *5* — ось мешалки, *6*, *7* — провода муфты, *8* — двигатель, *9* — сальник, *10* — канал связи камер, *11* — краны, *12* — уплотнительные кольца, *13* — гибкий шланг, *14* — датчик температуры, *15* — датчик компенсации, *16* — вилка штепсельного разъема, *17* — ловители, *18* — четыре винта, *19* — экран, *20* — невыпадающие винты.

Основные технические характеристики

Диапазон измерения:	
относительной электропроводности	0,169—1,176
солености, ‰	4,993—42,032
Основная погрешность прибора по относительной электропроводности в диапазонах измерений:	
от 0,169 до 0,793	не более ±0,00075
от 0,793 до 1,176	±0,00050
Основная погрешность прибора по солености (‰) в диапазонах измерений:	
от 4,993 до 27,013	±0,03
от 27,013 до 42,032	±0,02
Дополнительная погрешность прибора (при изменении температуры окружающей среды или пробы на каждые 10°С):	
по относительной электропроводности	не более 0,00025
по солености, ‰	±0,01

Габаритные размеры прибора, мм:	
с амортизационной рамой	не более 550×475×300
без амортизационной рамы	550×375×220
Габаритные размеры блока питания, мм	440×240×210
Установочные размеры прибора с амортизационной рамой, мм:	
в вертикальной плоскости	не более 450×312
в горизонтальной плоскости	не более 550×170
Питание от сети переменного тока:	
напряжение, В	127±10%, 220±10%
рабочая частота, Гц	50±1%
потребляемая мощность, Вт	не более 110
Питание от аккумулятора:	
напряжение, В	12,5±10%
потребляемая мощность, Вт	не более 1,0
Масса прибора, кг:	
с амортизационной рамой	не более 20
без амортизационной рамы	не более 16
Масса блока питания, кг	не более 15

Работа с прибором. Подготовка прибора к работе состоит: в выборе места для установки прибора, обеспечении его питанием и калибровке по нормальной воде.

Место для установки прибора с блоком питания, посуды с пробами морской воды и ампул с нормальной водой должно быть защищено от прямого попадания солнечных лучей, теплового влияния нагревательных приборов и воздействия конвективных потоков воздуха с резкими колебаниями температуры.

Для обеспечения автоматической подзарядки питания прибора необходимо:

а) убедиться, что переключатель напряжения сети стоит в положении, соответствующем напряжению сети, для чего следует отвернуть четыре винта, фиксирующие щиток управления блока питания, и вынуть щиток управления из ящика;

б) включить на приборе выключатель «Питание» и «Нагрев»;

в) поставить переключатель «*v—k—t*» на приборе в положение «*v*»;

г) подключить к щитку управления сетевой шнур;

д) включить блок питания в сеть;

е) отрегулировать напряжение питания потенциометра так, чтобы стрелка индикатора баланса на приборе установилась на закрашенном участке шкалы;

ж) выключить на приборе выключатели «Питание» и «Нагрев»;

з) отключить блок питания от сети;

и) поставить щиток управления в ящик и закрепить винтами;

к) включить блок питания в сеть.

В режиме питания от батареи аккумуляторов следует:

а) подключить прибор к блоку питания;

б) включить на приборе выключатели «Питание» и «Нагрев»;

в) переключатель «*v—k—t*» на приборе поставить в положение «*v*»;

г) убедиться, что стрелка индикатора баланса прибора находится в закрашенном секторе шкалы;

д) выключить выключатели «Питание» и «Нагрев».

Калибровка прибора по нормальной воде проводится после выравнивания температур окружающей среды, прибора, измеряемых проб морской воды и нормальной воды и непосредственно перед анализом проб.

Исключение теплового влияния рук оператора на колебание температуры растворов обеспечивается применением ветоши, полотенца и т. д.

Чтобы избежать загрязнения и испарения нормальной воды при калибровке прибора, рекомендуется наполнять измерительную камеру нормальной водой непосредственно из ампул. Для этого

а) распечатывают ампулу с одного конца;

б) надевают на распечатанный конец ампулы гибкую трубку, идущую от крана измерительной камеры;

в) открывают оба крана датчика;

г) распечатывают второй конец ампулы;

д) поднимают ампулу выше уровня измерительной камеры;

е) закрывают кран измерительной камеры при появлении воды в сливной камере.

Наполнение измерительной камеры должно производиться плавно, без резких колебаний границы раздела пробы и воздуха. Появление случайных пузырьков воздуха на стенках камеры и тороида ликвидируют повторным наполнением камеры пробой. Наполнение производят с помощью насоса:

а) встряхивают гибкую трубку крана измерительной камеры датчика для удаления остатков предыдущей пробы;

б) опускают ее в сосуд с пробой (или надевают на ампулу с нормальной водой);

в) открывают кран измерительной камеры и закрывают кран сливной камеры;

г) наполняют измерительную камеру датчика пробой до появления воды в сливной камере.

Может оказаться, что хода насоса будет недостаточно для наполнения камеры датчика. В этом случае:

а) не возвращая насос в исходное положение, закрывают кран измерительной камеры;

б) открывают кран сливной камеры;

в) ручку насоса возвращают в исходное положение;

г) закрывают кран сливной камеры;

д) открывают кран измерительной камеры;

е) поворотом рукоятки насоса наполняют измерительную камеру датчика до появления воды в сливной камере;

Калибровка прибора производится следующим образом:

а) промывают измерительную камеру датчика нормальной водой не менее 2-х раз, сливая в посуду для отходов;

б) наполняют измерительную камеру датчика свежей нормальной водой;

в) переключатель «*v—k—t*» ставят в положение «*k*»;

г) включают выключатель «Питание» поворотом соответствующего выключателя;

д) регулируют скорость вращения мешалки;

е) стрелку индикатора ставят на нуль поворотом ручки «Температура»;

ж) определяют температуру нормальной воды по показаниям шкалы «Температура» и таблице калибровки температурного моста (см. инструкцию, прилагаемую к прибору);

з) определяют по таблице калибровки положения переключателей «Компенсация», соответствующие температуре нормальной воды в датчике, и ставят в эти положения переключатели «Компенсация»;

и) вычисляют соленость нормальной воды по хлорности, указанной на этикетке ампулы, по «Океанологическим таблицам» или по формуле

$$S = 1{,}806\,55\mathrm{Cl},$$

где S — соленость нормальной воды, ‰; Cl — хлорность нормальной воды, ‰;

к) определяют по «Международным океанологическим таблицам» [114] относительную электропроводность нормальной воды в ампуле;

л) переключатель «Электропроводность» переводят в положение, соответствующее относительной электропроводности нормальной воды в ампуле;

м) переключатель «*v—k—t*» переводят в положение «*k*»;

н) стрелку индикатора ставят на нуль переключателями «Калибровка»;

о) выключают «Питание»;

п) все данные записывают в журнал;

р) пробу сливают и вновь наполняют датчик нормальной водой из ампулы и повторяют калибровку.

Калибровка прибора считается законченной, если при трехкратном ее повторении (при наполнении датчика свежей нормальной водой) не потребуется установка индикатора баланса на нуль переключателями «Калибровка» и температура проб лежит в интервале, для которого по таблице калибровки установлены переключатели «Компенсация».

В целях экономии нормальной воды можно пользоваться субнормальной (субстандартной) водой.

Приготовление субстандартной воды делается так. Вдали от берега набирают несколько литров океанической воды и, если необходимо — она фильтруется и разливается в чистые, ополоснутые данной водой бутыли. Пробки бутылей заливают парафином, поверхность воды заливают также парафином, который предохраняет ее от испарения.

Используя нормальную воду, определяют соленость данной воды солемером, соленость записывают на этикетках бутылей, и в дальнейшем применяют ее как субстандартную воду.

Периодически проверяют соленость субстандартной воды, она не должна изменяться более, чем на 0,01‰ в месяц.

Порядок работы. Работа с прибором по определению солености измеряемых проб включает два этапа:

— измерение относительной электропроводности проб морской воды,

— контроль работы прибора.

Все указания в подразделе «Калибровка прибора» относительно температурного режима проб, состояния пробы в измерительной камере во время измерения и т. д. остаются в силе и в случае измерения относительной электропроводности проб.

Для уменьшения загрязнения измеряемых проб остатками предыдущих и рационального их расходования желательно производить измерения проб в порядке возрастания или уменьшения их солености (например, убывания глубины их отбора). При работе необходимо следить за сальником на измерительной камере, через который проходит вал электродвигателя. Этот сальник часто протекает во время работы, что следует устранять.

Измерение относительной электропроводности проводят в следующем порядке:

а) наполняют датчик измеряемой пробой;

б) включают «Питание»;

в) выключатель «*v—k—t*» ставят в положение «*k*»;

г) стрелку индикатора ставят на нуль переключателями «Электропроводность»;

д) переключатель «*v—k—t*» переводят в положение «*t*» и измеряют температуру пробы;

е) проверяют соответствие положения переключателей «Компенсация» температуре пробы;

ж) повторяют все операции со свежей порцией измеряемой пробы.

Измерение относительной электропроводности пробы морской воды считается законченным, если при повторном измерении свежей порции пробы не потребуется установка стрелки индикатора на нуль переключателями «Электропроводность» (±одно значение последнего знака) при положении «*k*» переключателя «*v—k—t*».

При несоответствии положения переключателей «Компенсация» температурному интервалу таблицы калибровки, в пределах которой лежит измеренная температура пробы последнего наполнения, необходимо выдержать температурный режим проб и прибора или провести новую калибровку прибора по нормальной воде.

Контроль работы прибора сводится к определению дрейфа калибровки прибора вследствие изменения температуры проб и помещения и выполняется так:

а) датчик промывается нормальной (субнормальной) водой;

б) измеряется относительная электропроводность нормальной

воды той же серии, что использовалась при калибровке прибора после измерения 30 проб морской воды или по завершении измерений;

в) вычисляется алгебраическая разность полученных и исходных значений относительной электропроводности нормальной воды;

г) вычисляется поправка к каждому измерению относительной электропроводности пробы морской воды путем деления алгебраической разности относительных электропроводностей нормальной воды на число измеренных проб;

д) результаты контроля работы прибора записываются в журнал.

Уход за прибором. *Чистка прибора.* После длительных перерывов в работе датчик следует промыть дистиллированной водой. Для этого конец шланга, соединенного с рабочим объемом датчика, вводят в бутыль с дистиллированной водой, опускают шланг для слива воды в пустую бутыль, открывают краны и всасывают насосом воду.

Если после промывки на внутренней поверхности датчика образуется налет, заметный по уменьшению прозрачности корпуса датчика, то следует разобрать датчик и протереть внутреннюю поверхность его мягкой фильтровальной бумагой.

Поверхность контактов переключателей необходимо периодически очищать этиловым спиртом, а затем смазать силиконовым маслом или 10%-ным раствором ланолина в трихлорэтилене. Перед началом работ все переключатели необходимо несколько раз провернуть в ту и другую сторону.

Проверка температурной компенсации. Проверку температурной компенсации и термистора для измерения температуры проб воды обычно производят в Бюро поверки, куда сдают солемеры не реже одного раза в год. Однако эти поверки может произвести в гидрохимических лабораториях опытный оператор. Вследствие старения термистора, компенсирующего влияние температуры, значения сопротивления R_2 могут измениться и не будут соответствовать величинам, приведенным в таблице $R_2=f(t)$, где t — температура. Так как точных данных о старении термисторов не имеется, то следует не реже одного раза после первых шести месяцев и одного раза в год в течение дальнейшей работы прибора проверять точность температурной компенсации. Проверка производится во всем рабочем диапазоне температур. Для проверки наполняют датчик нормальной (субнормальной) водой и производят калибровку прибора так, как это указано выше. Затем включают нагреватель (тумблер «нагрев») на 1 мин. Спустя 3 мин измеряют температуру воды и определяют ее электропроводность при новой температуре. Если разность в электропроводности при изменении температуры воды на 1° не превышает одной единицы предпоследней цифры (±0,00 010), то компенсация может считаться удовлетворительной. Если же электропроводность меняется больше чем на 0,000 10, то следует таблицу $R_2=f(t)$ составить заново. Для этого необходимо иметь нормальную или субнормальную воду в объеме 1—2 л. Воду

предварительно нагревают до 50° и выдерживают при этой температуре в течение получаса для удаления растворенных в ней газов. Затем ее переливают в колбу для хранения нормальной (субнормальной) воды, обеспечивающую строгое постоянство солевого состава в процессе проверки.

До начала проверки промывают датчик нормальной (субнормальной) водой. Затем измеряют электропроводность при различных температурах с интервалами 2—3° во всем рабочем диапазоне температур. Измерение начинают с наинизшей температуры (10°). Изменение температуры воды осуществляют включением нагревателя (тумблер «нагрев») на короткие промежутки времени и спустя 3—5 мин после включения нагревателя производят отсчет температуры. По окончании измерений электропроводности воду из датчика сливают обратно в колбу, которая на продолжении всей серии измерений остается соединенной трубкой с краном рабочего объема датчика и отключается от него на время измерений только поворотом крана. Во время измерений колбу слегка покачивают для предотвращения конденсации капель воды на ее стенках.

По данным измерения строится график зависимости электропроводности от температуры (при строго постоянной солености). На графике по оси абсцисс откладывают температуру, а по оси ординат — электропроводность. В середине каждого интервала температур проводят касательную к кривой. Угол α наклона касательной к оси абсцисс характеризует степень точности температурной компенсации. Прибор точно скомпенсирован в точках, где касательная параллельна оси абсцисс. Чем больше угол наклона, тем больше требуется изменить значение R_2, чтобы получить точную компенсацию.

Затем методом последовательных приближений находят для каждого диапазона температур такое значение R_2, при котором обеспечивается температурная компенсация по электропроводности не выше чем $\pm 0{,}000\,10$. Полученные данные записывают в таблицу $R_2 = f(t)$.

Поверка термистора для измерения температур. В связи со старением термистора данные сертификата могут с течением времени измениться, поэтому термистор следует периодически поверять. Сроки поверки такие же, как и температурной компенсации. Перед поверкой снимают датчик, отпаивают выводы термистора от разъема и вынимают датчик температуры, поворачивая его головку против часовой стрелки. Затем в термостат, наполненный водой, погружают термистор и ртутный термометр с ценой деления 0,2 или 0,1°. Помешивая воду, производят отсчет по ртутному термометру. Не вынимая термометра из воды, одновременно измеряют температуру термистором, как это указано выше. Добавляя в сосуд горячую или холодную воду, осуществляют поверку во всем рабочем диапазоне температур с интервалом в 1°. Результаты измерений заносят в таблицу.

12.6. Обработка наблюдений за соленостью, произведенных солемером ГМ-65

Обработка результатов измерений заключается в определении солености измеряемой пробы по ее относительной электропроводности с помощью «Международных океанологических таблиц» [114].

а) по таблицам определяют поправку электропроводности на температуру для каждой пробы с учетом самопрогрева;

б) вычисляют суммарную относительную электропроводность для каждой пробы алгебраическим сложением результата измерения электропроводности пробы с учетом самопрогрева и поправки на температуру;

в) по таблицам определяют соленость каждой пробы по ее суммарной относительной электропроводности.

Запись производят в лабораторном журнале (табл. 12.1).

В графе 1 записывают число, месяц, год измерения и номер океанографической станции;

в графе 2 — порядковый номер пробы;

в графе 3 — отсчет условной температуры по лимбу солемера;

в графе 4 — температуру пробы в °С;

в графе 5 — отсчеты переключателей «Компенсация», соответствующие рабочей температуре калибровки;

в графе 6 — отсчеты переключателей «Калибровка», установленные при калибровке прибора по эталонному раствору нормальной воды;

в графе 7 — отсчет относительной электропроводности пробы морской воды;

в графе 8 — температурную поправку относительной электропроводности;

в графе 9 — алгебраическую сумму значений относительной электропроводности пробы морской воды (гр. 7) и температурной поправки (гр. 8);

в графе 10 — поправку на температуру к значению относительной электропроводности пробы, определяемую по «Океанологическим таблицам»; (по графе 9);

в графе 11 — окончательный результат определения относительной электропроводности пробы, получаемый алгебраическим суммированием результатов по графам 9 и 10;

в графе 12 — соленость пробы морской воды, определяемую по Океанологическим таблицам для значения электропроводности пробы по графе 11;

в графе 13 — примечания, включающие результаты пересчета значения хлорности эталонных растворов «нормальной» воды в значения солености.

Таблица 12.1

Образец записи при определении солености солемером ГМ-65

Дата и номер станции	Номер пробы	Температура: условная	Температура: пробы, °С	Температура: компенсации	Калибровка	Относительная электропроводность: измеренная	Относительная электропроводность: поправка	Относительная электропроводность: исправленная	Относительная электропроводность: температурная поправка	Относительная электропроводность: истинная	Соленость, ‰	Примечание
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
24 III 1973												
Нормальная вода	1	54	20	63	4740	0,99995	0		0	0,99995	34,998	Калибровка нормальной воды 3 III 1971, С=69, Cl=19,373‰
	2	54	20	63	4739		0			0,99995	34,998	
	3	54	20	63	4770		0			0,99995	34,998	
Ст. 101	24	51	21	63	4740	1,00014	—001	1,00013	0	1,00013	35,005	
	31	55	22	63	4740	1,00033	—002	1,00031	0	1,00031	35,012	
	10	55	22	63	4740	1,00027	—003	1,00024	0	1,00024	35,009	
	30	55	22	63	4740	1,00037	—004	1,00033	0	1,00033	35,012	
	44	49	21	63	4740	1,00043	—004	1,00039	0	1,00039	35,015	
	8	48	20	63	4740	0,99985	—005	0,99980	0	0,99980	34,992	
	2	50	21	63	4740	0,99995	—006	0,99989	0	0,99989	34,996	
	1	49	21	63	4740	0,99980	—006	0,99974	0	0,99974	34,990	
Ст. 102	21	50	21	63	4740	0,87619	—007	0,87612	—36	0,87576	30,182	Датчик промыт 2 раза
	23	49	21	63	4740	0,87564	—007	0,87557	—36	0,87521	30,161	
	26	48	20	63	4740	0,87545	—008	0,87537	—36	0,87501	30,153	
	27	51	21	63	4740	0,87530	—008	0,87522	—36	0,87488	30,136	
	41	50	20	63	4740	0,87550	—009	0,87546	—36	0,87510	30,156	
Нормальная вода	4	51	21	63	4770	1,00005	—010	0,99995	0	0,99995	34,998	Датчик промыт 3 раза
	5	51	21	63	4770	1,00004	—009	0,99995	0	0,99995	34,998	
	6	51	21	63	4770	1,00005	—010	0,99995	0	0,99995	34,998	

Глава 13. НАБЛЮДЕНИЯ ЗА ВОЛНЕНИЕМ

13.1. Общие положения

Данные о ветровом волнении и зыби необходимы для многих практических целей (кораблестроение, гидротехническое строительство на морях, навигация, рыбный промысел и др.), а также для развития теории ветрового волнения, усовершенствования методов расчета элементов волн и методов прогноза волнения. Получение надежных данных невозможно без измерений основных элементов волн. Такими элементами являются высота, длина и период волн, а также направление и скорость их распространения, крутизна и некоторые другие.

Для измерения характеристик волн необходима регистрация совокупности не менее 150—200 волн, следующих друг за другом. Для этого процесс измерения волн в точке при среднем значении их периода от 4 до 8 с должен длиться не менее 10—20 мин. При развитии и затухании штормов измерения производят через интервал времени в 1—3 ч.

Частота морских ветровых волн и их высота находятся в диапазонах примерно от 0,03 до 10 Гц и от нескольких миллиметров до 25 метров. В таких широких диапазонах частот и высот измерять волны каким-либо универсальным прибором практически невозможно. Однако для подавляющего большинства практических и научных задач достаточно измерение волн с высотами от 0,1 до 25 м и частотами от 0,03 до 1,0 Гц в открытых частях океанов и морей и 0,1—10 м и частотами 0,06—1,0 Гц в прибрежных районах. Волны с такими характеристиками можно измерять с помощью одного универсального прибора.

13.2. Характеристика аппаратуры для измерения элементов волн

Для измерения элементов волн с судов в СССР применяются волнографы ГМ-16, ГМ-62, радиоизмеритель волн ГМ-32, стереофотограмметрическая съемка волн и приставки к судовым радиолокаторам.

Стереофотосъемка с судов позволяет получить почти все необходимые характеристики волнения, в том числе длины волн и длины гребней волн. Однако из-за сложности обработки стереопланшетов и большой ее стоимости стереофотосъемка волнения применяется только в самых необходимых случаях. Кроме того стереофотосъемка не всегда возможна из-за неблагоприятных условий освещенности и видимости горизонта и не может служить целям оперативной информации. Производство стереофотосъемок описано в п. 13.9 и в специальных пособиях [151, 178].

Поэтому для массовых измерений характеристик волнения наиболее перспективны приставки к радиолокаторам, дающие оперативную информацию о волнении, и волнографы. С их помощью

можно проследить изменение во времени элементов волн, а также определить их статистические и спектральные характеристики.

Судовой волнограф ГМ-16 применяется с дрейфующего или заякоренного судна. Прибор сравнительно прост и надежен в работе. Он позволяет регистрировать волны любых размеров. Однако, если измерения во время слабых и средних по интенсивности штормов не связаны с особыми трудностями, то при измерениях волн сильных штормов возникают значительные трудности. Они обусловлены тем, что измеритель волн в приборе ГМ-16, укрепленный на свободно плавающем поплавке, связан с регистратором, установленным на судне, кабельной линией связи. Это требует присутствия наблюдателей на палубе, что во время сильного шторма не всегда безопасно. Кроме того, при очень сильном волнении и ветре судно сильно дрейфует, таща за собой поплавок волнографа, несмотря на большое количество вытравливаемого кабеля и тем самым внося искажения в показания прибора. В этом случае работать с волнографом ГМ-16 можно только при наличии тонкого, прочного кабеля большой длины.

Указанные недостатки устраняются при применении радиоизмерителя волн ГМ-32, в котором кабельная линия связи заменена радиолинией. С помощью этого прибора можно осуществить регулярно непрерывные или достаточно частые записи волн в открытом море в течение всего периода развития и затухания любых штормов. Регистрация волн может осуществляться последовательно с нескольких пунктов измерения, расположенных в радиусе действия приемной аппаратуры (6—8 миль), находящейся на судне или на берегу.

Применение волнографов, выпускаемых с судна на поплавках связано с трудностью получения достаточно продолжительной записи (ГМ-16), с трудностью маневрирования судном во время штормов для опускания и подъема буйка (ГМ-32), на что требуется затрачивать специальное судовое время.

Новый судовой волнограф ГМ-62, разработанный так же как и вышеуказанные два в Государственном океанографическом институте, лишен указанных выше недостатков, он прост по конструкции, надежен и прочен в механической части. Им можно пользоваться как в дрейфе, так и на очень малом ходу судна (до 2 узлов).

Волнографом ГМ-62 можно также измерять вертикальные составляющие качки судна на волнении (той точки, где установлен датчик качки).

Измерительный блок прибора ГМ-62 унифицирован с аналогичным блоком прибрежного волнографа ГМ-61 конструкции ГОИНа.

С помощью разработанного в Государственном океанографическом институте аналого-цифрового преобразователя-регистратора (АЦПР) показания волнографов одновременно с аналоговой записью можно с частотой до 16 Гц регистрировать на перфоленте и вводить в ЭВМ. Описание АЦПР дано в [77].

Аппаратура для измерения волн с самолета описана в п. 13.10.

13.3. Судовой волнограф ГМ-16

Волнограф предназначен для измерения и регистрации высот и периодов волновых колебаний поверхности моря с дрейфующего или стоящего на якоре судна в районах морей и океанов с глубинами более, чем половина максимально возможной длины волны. Это вызвано тем, что практически ветровое волнение на такую глубину не проникает, там гидростатическое давление постоянно. Оно не зависит от состояния водной поверхности, и датчик давления, подвешенный к бую на этой глубине, воспринимает вертикальные колебания буя как изменения глубины погружения относительно уровня моря, т. е. как изменения гидростатического давления, пропорциональные высотам волн.

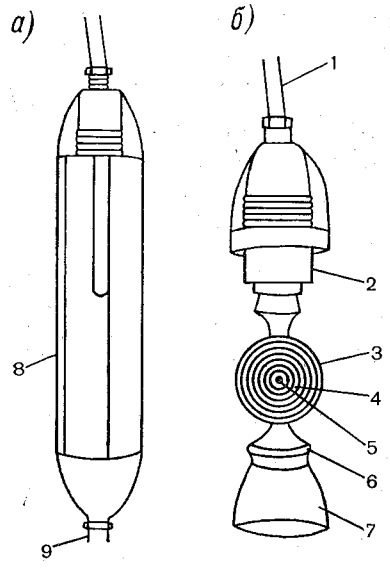


Рис. 13.1. Датчик давления (внешний вид).

а — в кожухе, *б* — со снятым кожухом. *1* — кабель, *2* — штепсельные разъемы, *3* — металлический корпус, *4* — мембрана, *5* — стойка и винт, *6* — штуцер, *7* — полусфера, *8* — кожух, *9* — проушина.

Эти изменения воспринимаются чувствительным элементом датчика давления — мембраной. Перемещения центра мембраны вызывают прогиб стальной пластинки, деформации изгиба которой проволочными тензометрами преобразуются в изменения электрического напряжения, пропорциональные вертикальным перемещениям буя.

Регистрация выходных сигналов тензометрического преобразователя осуществляется на ленте электронного автоматического потенциометра типа ЭПП-09, установленного на судне и соединенного с буем и датчиком кабелем типа РШМ длиною 450 м. По разностям отсчетов на ленте ординат вершин гребней и подошв ложбин волн с учетом постоянного градуировочного коэффициента определяют высоты волн, а периоды вычисляют как частные от делений расстояний между двумя последовательными вершинами на скорость перемещения ленты регистратора. Датчик давления (рис. 13.1) представляет собой металлический корпус *3*, в котором установлена стальная пластина с наклеенными на ней четырьмя проволочными тензометрами. Пластина стойкой и винтом *5* жестко соединена с центром мембраны *4*, являющейся чувствительным элементом и припаянной по контуру к корпусу датчика.

По четырехжильному кабелю *1* через штепсельные разъемы *2* на тензометрический преобразователь подается питающее напряжение и снимается с него выходной сигнал. На противолежащем

штуцере *6* датчика смонтирован узел компенсации, состоящий из двух полусфер *7* и резинового сферического баллона.

Так как датчик при работе погружается на глубину 70 м, необходимо исключить большую часть давления столба воды, чтобы измерить только изменение гидростатического давления при вертикальных перемещениях буя. Балластное давление исключается компенсатором, который полностью срабатывает на глубине 60 м.

Заполненный воздухом при атмосферном давлении датчик погружается в воду, мягкая резиновая оболочка компенсатора под действием внешнего давления сжимается, воздух постепенно перетекает в камеру, создавая компенсационное давление на внутреннюю поверхность мембраны. Следовательно, при погружении датчика на глубину более 60 м компенсационное давление остается неизменным и на мембрану действует периодически изменяющаяся часть внешнего гидростатического давления, образующаяся при движении буя по профилю поверхностной волны.

При погружении датчика на глубину менее 70 м часть воздуха из компенсационного баллона предварительно выжимается. Компенсатор позволяет увеличить чувствительность прибора. Датчик для защиты от механических повреждений помещен в цилиндрический обтекаемый кожух *8*, в нижней части которого имеется проушина *9* для закрепления троса с грузом.

Судовая аппаратура волнографа содержит: регистратор — электронный потенциометр типа ЭПП-09 со шкалой 0—10 мВ и временем пробега шкалы кареткой 2,5 с, блок контроля и управления, одноякорный преобразователь типа ОП-120 и автотрансформатор. Принципиальная электрическая схема прибора несложна и дает представление о работе волнографа (см. заводское описание). Тензометрический преобразователь питается от батареи сухих элементов напряжением 6 В, трехпозиционный переключатель ГП обеспечивает контроль и установку нуля шкалы, контроль напряжения питания моста датчика и включение схемы на измерение волн.

13.4. Радиоизмеритель волн ГМ-32

Радиоизмеритель волн ГМ-32 предназначен для измерения и регистрации высот и периодов волновых колебаний поверхности моря в глубоководных районах морей и океанов.

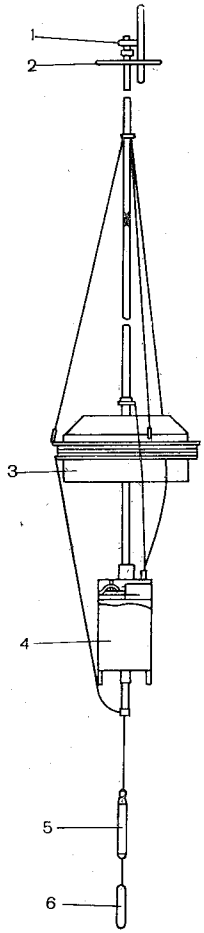
Аппаратура обеспечивает дистанционное измерение высот волновых колебаний в диапазоне от 0,2 до 20 м и позволяет периодически регистрировать элементы волн в течение примерно семи суток сеансами продолжительностью по 25 мин с интервалами между ними 25 мин или непрерывно в течение трех суток.

Для передачи информации от радиобуя на судно используется одноканальная радиолиния полутораметрового диапазона радиоволн. При высоте установки приемной антенны 14—16 м над уровнем моря и степени волнения 4—5 баллов дальность действия

радиосистемы составляет 6—8 м. миль, а в режиме поиска радиобуя 10—12 м. миль.

Средняя основная погрешность измерения высоты равна ± (10 см+1,5% измеряемой величины), средняя погрешность определения периода ± (0,1 с+5% измеряемой величины).

Питание аппаратуры радиобуя осуществляется комплектом гальванических элементов, судовой аппаратуры — переменным током напряжением 110 или 220 В частотой 50 Гц или постоянным током напряжением 220 В.



Принцип работы прибора аналогичен принципу работы волнографа ГМ-16 и основан на известном положении о постоянстве гидростатического давления на глубинах, превышающих половину длины волны. Вертикальные перемещения буя вызывают изменения гидростатического давления, пропорциональные положению буя относительно среднего уровня водной поверхности, то есть пропорциональные высотам волн. Эти изменения воспринимает чувствительный элемент датчика и преобразует в изменения напряжения.

Модулятор в соответствии с принятым частотно-импульсным методом передачи информации вырабатывает видеоимпульсы, частота следования которых пропорциональна напряжению постоянного тока, поступающего от датчика на вход измерительного генератора. Основное несущее излучение передатчика модулируется частотно-импульсными сигналами модулятора.

Излучаемые радиобуем сигналы принимает и усиливает судовая аппаратура, а затем они преобразуются в напряжение, регистрируемое на ленте электронного потенциометра ЭПП-09М2 в виде непрерывной линии, изображающей профиль колебаний датчика. По разности отсчетов ординат вершины и подошвы волны с учетом постоянного градуировочного коэффициента прибора определяют высоту волны, а период волны вычисляют по расстоянию между

Рис. 13.2. Радиобуй волнографа ГМ-32.

1 — антенна, *2* — ограждение антенны, *3* — буй (поплавок) *4* — контейнер, *5* — датчик, *6* — груз.

тремя последовательными пересечениями кривой нулевого уровня с учетом скорости перемещения ленты регистратора.

Радиобуй (рис. 13.2) представляет собой дрейфующий поплавок *3*, на котором снизу закреплен водонепроницаемый контейнер *4*, содержащий источники питания, модулятор, программный механизм, а сверху на мачте установлен радиопередатчик *1* и защитное

приспособление *2*, предохраняющее передатчик от ударов и повреждений при постановке и подъеме радиобуя. К контейнеру на кабеле подвешены датчик давления *5* и стабилизирующий груз *6*.

Датчик давления измеряет изменение гидростатического давления и состоит из следующих основных частей: чувствительного элемента, потенциометрического преобразователя, компенсатора, корпуса, кожуха, герметичного разъема.

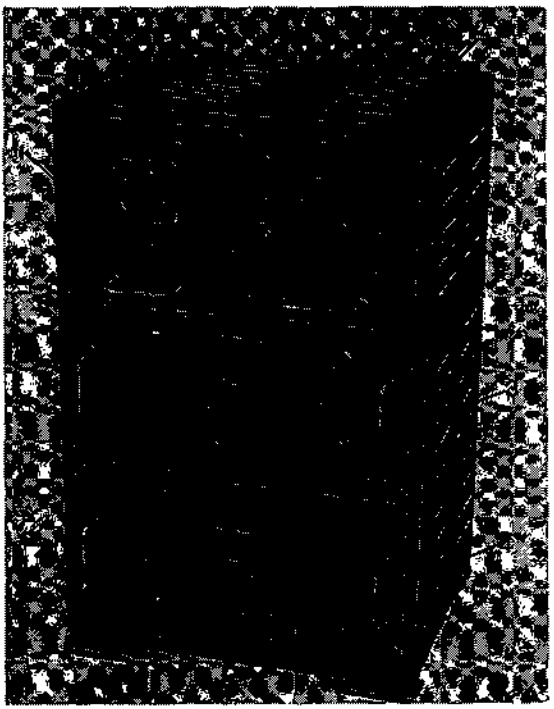


Рис. 13.3. Приемная часть радиоизмерителя волн ГМ-32.

1 — блок управления, *2* — преобразователь частот, *3* — радиоприемник, *4* — блок питания.

Датчик подвешивают к контейнеру на трос-кабеле, который служит и для передачи сигнала от датчика на вход измерительного генератора.

В контейнере размещены кассеты с гальваническими элементами, программный механизм и модулятор. Две горловины позволяют, не снимая крышки контейнера, заводить часы программного механизма, устанавливать кодовый диск в начальное положение, контролировать на гнездах $Г_1$ и $Г_2$ напряжение источников питания, устанавливать переключателем $В_2$ режим работы радиобуя, включать масштабные частоты и отключать источники питания от схемы при подъеме радиобуя на борт судна.

Приемная часть (рис. 13.3) представляет собой стойку, содержащую следующие функциональные блоки: радиоприемник *3*, преобразователь частот *2*, блок питания *4*, блок управления *1*.

Примененный в волнографах ГМ-16 и ГМ-32 метод преобразования волновых колебаний в изменения электрических величин предполагает, что система поплавок—датчик—кабель колеблется в строго вертикальном направлении (рис. 13.4 *а*).

В действительности, в результате воздействия ветра и переменных горизонтальных составляющих скоростей волн, поплавок совершает орбитальные колебания на волнах. Горизонтальное смещение поплавка от ударов крупных волн достигает 10—15 м (смещение особенно велико от удара по поплавку разрушенным гребнем волны, имеющим скорость до 10—15 м/с).

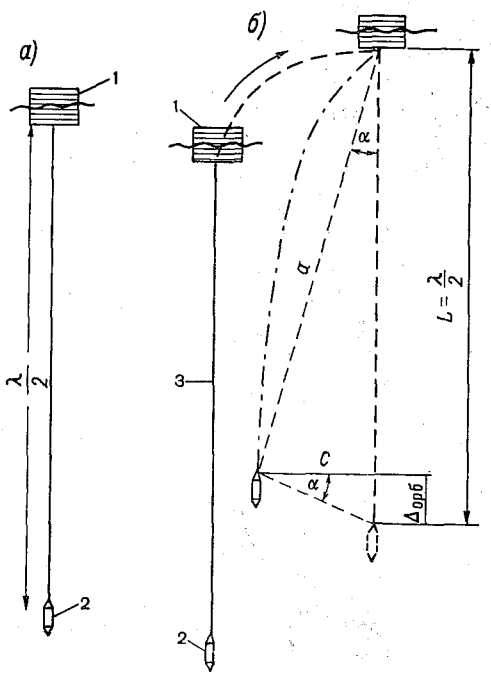


Рис. 13.4. Движение системы буй—кабель—датчик на волне.

а — предполагаемое положение кабеля с датчиком, *б* — действительное положение; *1* — поплавок, *2* — датчик давления, *3* — кабель.

В результате подъема на волне и одновременного горизонтального смещения система поплавок—кабель—датчик не займет положение, показанное на рис. 13.4 *б* пунктирной линией, а вследствие гибкости кабеля и большого сопротивления горизонтальному движению его в воде (диаметр кабеля 14 мм, длина 60 или 80 м, площадь миделя около 1 м²) она займет положение, показанное штрих-пунктирной линией, т. е. датчик будет находиться на глубине

$$a = L - \Delta_{орб},$$

где L — глубина подвески датчика.

В первом приближении можно принять величину a равной L. Такое упрощение несколько уменьшит значение рассчитанной дополнительной погрешности от орбитального движения $\Delta_{орб}$.

Из рис. 13.4 *б*, видно, что величина $\Delta_{орб}$, на которую дополнительно поднимается датчик в результате горизонтального смещения поплавка, определится из соотношения

$$\frac{\Delta_{орб}}{c} = \operatorname{tg} \alpha,$$

откуда

$$\Delta_{орб} = c \operatorname{tg} \alpha,$$

где c — горизонтальное смещение поплавка относительно датчика

$$\alpha = \arcsin \frac{c}{a} \simeq \arcsin \frac{c}{L}.$$

Подставив значение α, получим окончательно

$$\Delta_{орб} = c \operatorname{tg}\left(\arcsin \frac{c}{L}\right).$$

Если принять, что горизонтальное смещение поплавка относительно датчика составляет половину высоты волны, то относительная орбитальная погрешность для поплавковых волнографов при L, равной 80 м или 60 м, составит соответственно +3,1% и +4,2% для волны высотой 10 м и +6,2% и +8,5% для волны высотой 20 м.

Относительная орбитальная погрешность возрастает с ростом измеряемых высот волн.

Введя понятие относительного горизонтального смещения $\frac{c}{h} = n$, где h — высота измеряемой волны, можно построить зависимость относительной орбитальной погрешности поплавковых волнографов от из-

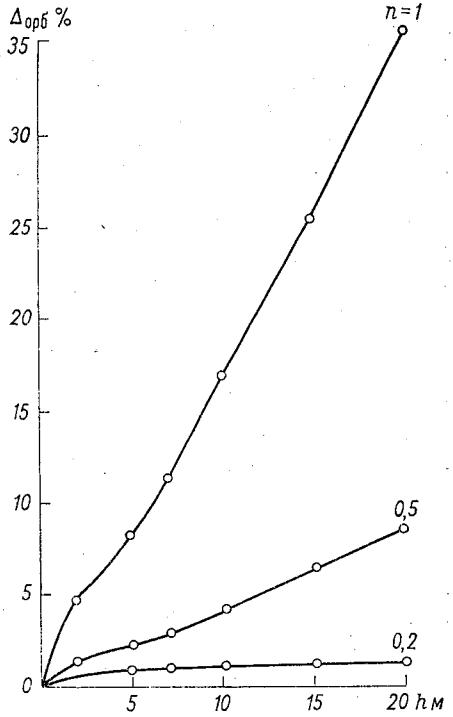


Рис. 13.5. Зависимость относительной орбитальной погрешности от высоты волны при различных смещениях поплавка.

меряемой высоты волны. Такие зависимости для $L=60$ м приведены на рис. 13.5.

Из приведенных на рис. 13.5 графиков видно, что дополнительная относительная орбитальная погрешность для ГМ-16 и ГМ-32 может достигать +17% на волнах высотой 10 м и +35% на волнах высотой 20 м, если горизонтальное смещение поплавка относительно датчика равно высоте волны.

Наблюдения за поведением поплавка волнографа во время измерения штормовых волн показали, что горизонтальные перемещения поплавка на волне после удара по нему гребнем волны могут достигать значений, равных высоте волны, т. е. n может быть равно 1. Следовательно, при измерениях волн поплавковыми

волнографами ГМ-16 и ГМ-32 при определенных условиях могут быть рассчитаны указанные выше дополнительные погрешности. При подъеме буя на волне происходит искривление и как бы укорачивание кабеля подвески датчика, а при опускании буя на наветренном склоне за счет орбитального движения воды и действия массы датчика с грузом происходит обратное движение его и выпрямление кабеля.

Таким образом, в результате орбитальной погрешности завышаются высоты как подветренных, так и наветренных склонов регистрируемых волн.

В радиоволнографе ГМ-32 кроме указанной имеется еще одна дополнительная погрешность, которую назовем *креновой*. Она возникает оттого, что точка подвески датчика давления к контейнеру буя находится на 1,5 м ниже ватерлинии буя. Жесткая система контейнер—буй—мачта в результате воздействия порывов ветра и гребней волн непрерывно качается (кренится). Крен системы бывает наибольшим во время ударов по бую гребнями волн, т. е. тогда же, когда происходит и наибольший горизонтальный рывок буя, так как в это время (см. рис. 13.4 *б*) сила натяжения кабеля действует под углом к вертикали и также усиливает крен буя. Крен буя достигает 40—50°.

Креновую погрешность можно вычислить из соотношения

$$\Delta_{кр} = c_1 = a - a\cos\alpha = a(1 - \cos\alpha),$$

где α — угол крена буя, a — расстояние точки подвески датчика от ватерлинии поплавка, равное 1,5 м до крена буя; например, при крене буя, равном 40°, абсолютная креновая погрешность будет

$$\Delta_{кр} = +0{,}35 \text{ м}.$$

Суммарная дополнительная погрешность от такого крена и одновременного горизонтального перемещения буя всего на $0{,}5h$ на волне высотой 10 м составит 6,6%, если датчик подвешен на глубине 80 м, и 7,7%, если датчик подвешен на глубине 60 м. На волне высотой 20 м суммарная дополнительная погрешность при тех же условиях будет соответственно 8 и 10,2%.

Приведенные предварительные расчеты показывают, что несмотря на сравнительно высокую приборную точность, волнографы ГМ-16 и ГМ-32 имеют существенные дополнительные погрешности, которые являются случайными в силу случайного характера волнового процесса и его воздействия на буйковые системы.

13.5. Прибрежный волнограф ГМ-61

Принцип действия волнографа основан на высокой электропроводимости воды для тока звуковой частоты.

Датчиком, преобразующим волновые колебания в электрическую величину, служит высокоомная безокисная нихромовая проволока диаметром 0,4 мм, которая подвешивается к неподвижному

основанию с концевым грузом и погружается в воду на половину своей длины. Сопротивление такой проволоки является линейной функцией вертикальных волновых колебаний поверхности воды. При постоянной силе тока звуковой частоты падение напряжения на проволоке представляет собой линейную функцию волновых колебаний.

Одножильным проводом марки П-286 датчик соединяется с измерительной схемой. Функцию второго провода выполняет вода—земля.

Для питания измерительной схемы датчика разработан транзисторно-магнитный генератор переменного (прямоугольного) напряжения.

Частота колебаний выходного напряжения генератора около 5000 Гц. Мощность, потребляемая измерительным блоком, не превышает 5 Вт. Уход частоты и выходного напряжения генератора от изменения температуры в диапазоне 0—50°С незначителен, так как транзисторы работают в режиме переключения.

Волнограф ГМ-61 обеспечивает непрерывную регистрацию волновых колебаний поверхности моря в точке в следующих диапазонах: по высоте волны 0,05—10 м, по периоду 0,2—20 с и более.

По экспериментальным данным порог чувствительности прибора по высоте волн с датчиком из проволоки диаметром 0,4 мм — не более 3 см; с датчиком из проволоки диаметром 0,3 мм — не более 2 см; нестабильность градуировочной характеристики при непрерывной работе в воде не превышает 1% за 20 дней: чувствительность прибора остается практически постоянной при изменении напряжения питания на —22% и +30% от номинального и температуры от —5 до +45°С.

Нелинейность прибора по экспериментальным данным в морской воде не более 1% в диапазоне 0—10 м по высоте волны. Нелинейность в пресной воде на диапазоне 0—10 м не более 6%, на диапазоне 2—10 м — не более 1%. Чтобы при работе в пресной воде нелинейность не превышала 1%, проволочный датчик необходимо заглублять на 2—3 м более половины его длины. Тогда нижний участок датчика 0—2 м, имеющий наибольшую нелинейность, будет неработающим. Используя полученные значения нестабильности и нелинейности прибора, можно рассчитать его основные и дополнительные погрешности.

Каждое деление ленты потенциометра КСП-4 равно 2,5 мм. Масштабы и высоты волн можно отсчитывать с точностью не ниже 0,5 мм, что составляет 0,2% шкалы прибора. Примем погрешности, допускаемые в отсчетах по ленте, равными 0,3 деления (0,75 мм).

Суммарная основная погрешность при измерении высот волн составляет $\Delta h = \pm (0{,}04 + 0{,}007h)$, где h — высота измеряемой волны в метрах, т. е. для волн высотой до 10 м погрешность измерения равна ±11 см.

Суммарная основная погрешность прибора при измерении периодов волн составит $\Delta\tau = \pm 0{,}27$ с.

Дополнительная погрешность при измерениях высот волн 0,3% и периодов волн 2%. При записи волн на ленте по частотомеру фиксируют значение частоты тока либо по секундомеру отмечают 100-секундные интервалы времени, по которым при обработке волнограммы определяется истинная скорость движения ленты.

При измерении волн датчик волнографа подвешивают с концевым грузом к неподвижной опоре, установленной в море или водохранилище. Такой опорой может быть свая, забитая (замытая насосом с судна) в грунт или установленная на оттяжках, пирс на сваях или отдельно стоящее свайное основание (например, основание буровой вышки), сваренная из труб или арматурного железа

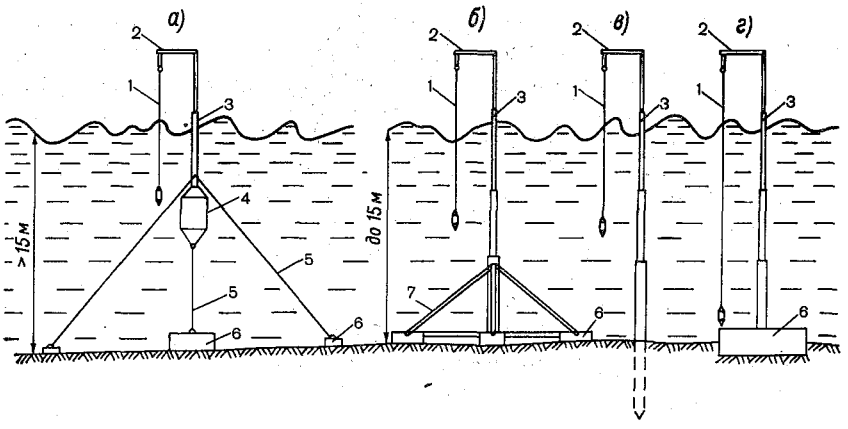


Рис. 13.6. Схемы установки опор для датчика волнографа.

а — на притопленном буе с заякоренными оттяжками, *б* — на сварной пирамиде, *в* — на свае, забитой в грунт, *г* — на свае, залитой в бетонную плиту; *1* — датчик с грузиком, *2* — кронштейн, *3* — телескопическая опора, *4* — притопленный буй, *5* — трос, *6* — мертвый якорь, *7* — сварная рама.

трех-, четырехгранная пирамида, притопленный на заякоренных оттяжках буй с мачтой и т. п.

Схематически установка различных опор для датчика прибрежного волнографа изображена на рис. 13.6. Опора должна быть выше уровня моря при полной воде на высоту гребня наибольшей возможной в данном районе волны. На замерзающих морях верхнюю часть опоры можно сделать съемной.

Глубина, на которой может быть установлен датчик волнографа, определяется задачами измерений и возможностью установки опоры. На верхней части опоры должен быть кронштейн длиной 1—2 м, на который подвешивают датчик с концевым грузом. Возможны также другие варианты установки датчика на опоре. Они иллюстрируются на рис. 13.7 (наиболее надежен вариант *б*).

Датчик погружают в воду на половину его длины. Длина датчика в комплекте прибора 10 м. Она может быть уменьшена. Наоборот, на морях с большими колебаниями уровня ее можно увеличить до 15—20 м (применить датчик длиной от кронштейна опоры

до дна), а смещение нулевой линии записи от изменения уровня моря корректировать изменением сопротивления резистора $R5$.

Таким образом, чтобы иметь возможность измерять волны при колебаниях уровня моря, датчик должен иметь длину, равную высоте опоры, а его груз следует располагать на дне.

Линию связи от датчика (провод П-268) лучше всего проводить на берег по воздуху также на опорах. Расстояние между опорой датчика и ближайшей промежуточной опорой во избежание изгиба первой должно быть не более 10—15 м. Расстояние между остальными опорами 30—50 м. К опорам провод крепится на керамических изоляторах, применяемых в линиях электропередач напряже-

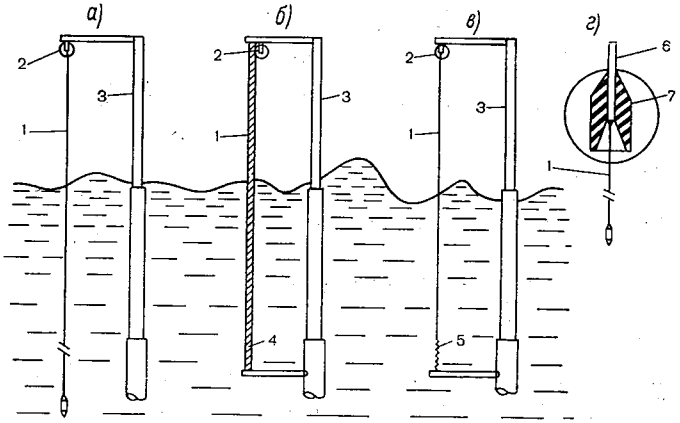


Рис. 13.7. Схемы установки проволочного датчика волнографа ГМ-61 на опорах.

а — подвеска с концевым грузом, *б* — спиральная намотка на натянутом прочном проводе (типа П-208, П-274, П-275), *в* — подвеска с резиновым амортизатором, *г* — схема соединения датчика с проводом. *1* — датчик, *2* — узел соединения датчика с проводом, *3* — опора, *4* — натянутый провод, *5* — резиновый амортизатор, *6* — провод П-208, *7* — втулка или хлорвиниловая лента.

нием 127 или 220 В. В месте крепления к изолятору во избежание быстрого износа на провод необходимо надеть гибкий шланг из полиэтилена, винипласта, резины и т. п. или обмотать его в несколько рядов хлорвиниловой изоляционной лентой. При песчаном, ракушечном или галечном грунтах побережья линию связи можно выводить на берег по траншее.

В пресноводном водоеме опору датчика надо соединять с клеммой «земля» блока измерительного. В качестве провода можно использовать стальную проволоку диаметром 3—6 мм, трос и т. д. Этот провод также проводится по воздуху на опорах. Его целесообразно использовать одновременно для подвески провода П-268. Второй провод необходим потому, что проводимость пресной воды существенно ниже морской и на больших расстояниях земля может иметь очень большое сопротивление и внести искажения в градуировочную характеристику прибора.

Масштаб записи высот волн определяют градуировкой прибора. При градуировке определяется постоянная прибора β (см/дел.), необходимая для перехода при обработке волнограмм от значения амплитуды изменения напряжения в делениях ленты к значению высоты волны в сантиметрах.

Градуировку производят после ремонта прибора, перевозки его из одного водоема в другой, после изменения расстояния от датчика до регистратора и других изменений в установке. При постоянной эксплуатации прибора в неизменных условиях градуировку осуществляют не реже одного раза в месяц.

В лабораторных условиях градуировку производят в вертикальной трубе высотой около 10 м, заполненной водой.

Датчик с грузом через ролик из изоляционного материала, установленный над центром трубы, ступенями через 1 м погружают до глубины 10 м, осуществляя протяжку ленты на потенциометре в течение примерно 10—15 с каждый раз, когда очередная метровая отметка совмещается с уровнем воды в трубе. Такая же запись производится при подъеме датчика. Градуировку делают 2 раза.

Перед началом и после окончания каждой градуировки записываются значения масштабов M_1 и M_2 при соответствующем положении переключателя рода работ на блоке измерительном, а затем вычисляются разности $M_2 - M_1 = M_{г_{1,2}}$ и среднее значение $M_г = \frac{M_{г_1} + M_{г_2}}{2}$.

По результатам градуировки строят графики. Для удобства градуировочный график строят непосредственно на ленте (рис. 13.8). Как видно из рисунка, отсчеты по ленте откладывают на уровне соответствующей «ступени», а каждый метр глубины погружения откладывают от произвольного деления через два поперечных деления ленты (через 20 мм). По совокупностям точек проводят градуировочные характеристики. Постоянная прибора $\beta_г$ есть отношение значения ординаты в сантиметрах к значению абсциссы в делениях ленты.

Следует иметь в виду, что величина $\beta_г$ действительна только для того среднего значения масштаба $M_г$, который был при градуировке.

Процесс градуировки на месте измерений аналогичен описанному выше. Градуировку желательно проводить при слабом волнении (h не более 0,5 м). Однако при необходимости прибор можно градуировать и при умеренном волнении с высотой волны до 1—1,5 м. Скорость движения ленты при этом надо установить около 600—900 мм/час, а время выдержки датчика на метровых отметках и протяжки ленты увеличить до 1—1,5 мин. По такой ступенчатой записи с наложенными волнами можно с необходимой точностью провести нулевые линии записи на отметках (восстановить «ступени» записи) и построить градуировочную характеристику. Образец такой градуировки с построением графика приведен на рис. 13.8. Для ясности более мелкие деления ленты не показаны.

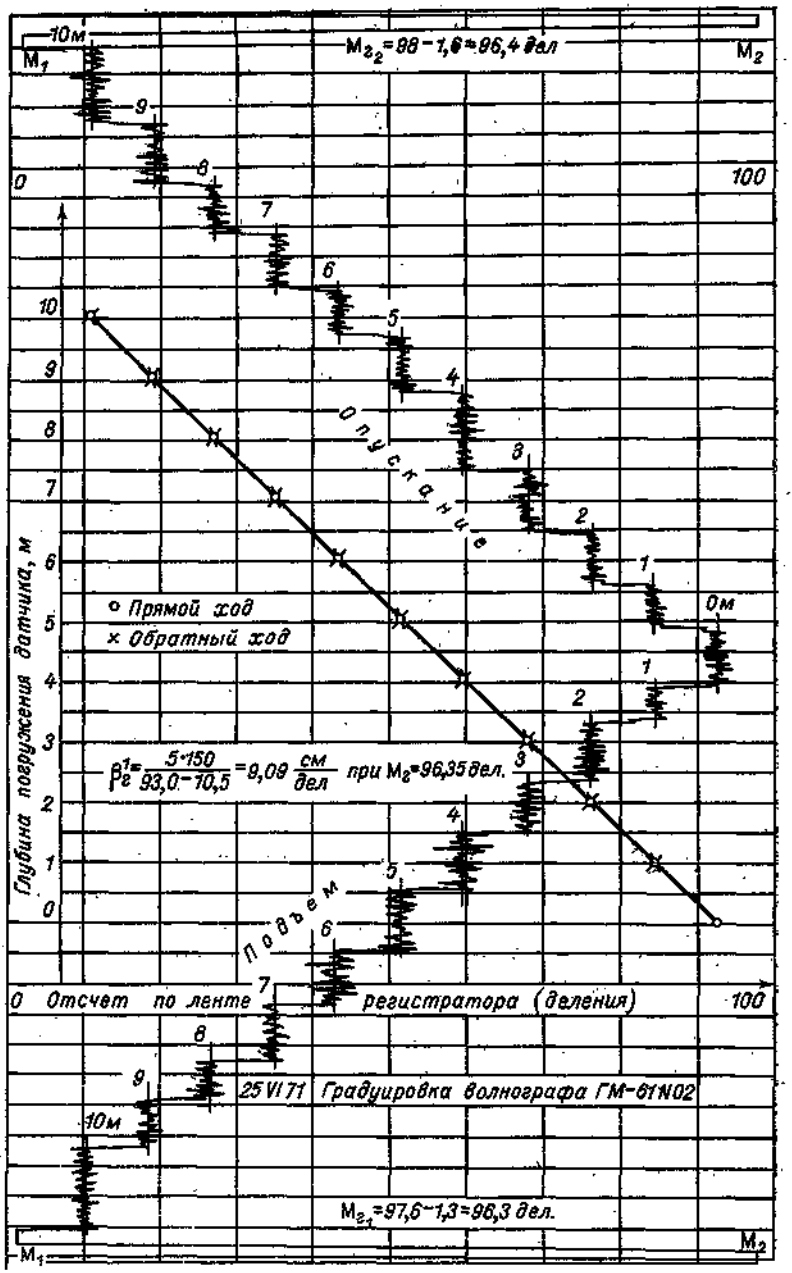


Рис. 13.8. График градуировки волнографа в море.

Градуировку также можно осуществить, подключив к клеммам *Кл3* и *Кл4* блока измерительного вместо датчика магазин сопротивлений. Изменяя ступенями (например, через 10 Ом) сопротивление магазина от 85 до 0 Ом, можно получить приближенно градуировочную характеристику прибора (точное сопротивление датчика из нихромовой проволоки марки Х20Н80 диаметром 0,4 мм и длиной 10 м равно 85,7 Ом).

Многократные сравнительные измерения показали (с точностью работы прибора), что градуировка погружением в воду датчика идентична градуировке эквивалентным изменениям сопротивления магазина, подключенного к линии связи вместо датчика.

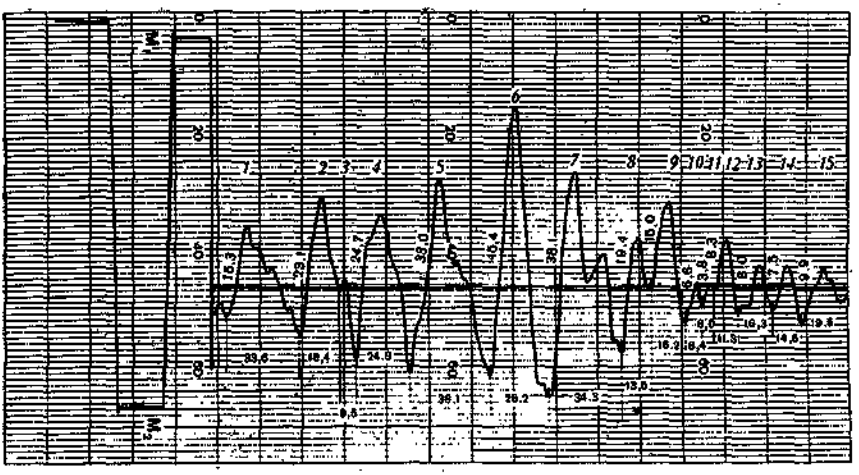


Рис. 13.9. Волнограмма. Образец записи и обработки.

Масштаб записи периодов волн определяется скоростью протяжки ленты потенциометра, которая должна быть 4 мм/с. При такой скорости, измеряя расстояние по ленте между одноименными фазами двух соседних волн (подошвами) с точностью 0,5 мм, измеряют периоды с предельной погрешностью не более 0,125 с.

Подготовленный к работе и проградуированный волнограф может быть включен для измерения волнения в любой момент времени на срок непрерывной работы, ограниченный длиной ленты регистратора. Для решения большинства задач время непрерывной записи не превышает 15—20 мин. Образец волнограммы представлен на рис. 13.9.

Если амплитуда записи волн небольшая (например, не превышает 20—30 делений ленты), то запись можно вести по краю ленты. После окончания записи ленту перематывают обратно и следующую запись ведут рядом с первой. Уровень записи регулируют резистором *R5*. Таким образом, на одном отрезке ленты можно запи-

сать несколько волнограмм. Только в этом случае надо четко отметить соответствие записей масштабов и волнограмм (можно несколько смещать записи относительно друг друга вдоль ленты).

13.6. Волнограф судовой ГМ-62

В этом приборе датчиком, преобразующим волновые колебания поверхности моря в электрическую величину, также является высокоомная нихромовая проволока диаметром 0,3 мм, которая устанавливается вертикально впереди форштевня судна. Длина прово-

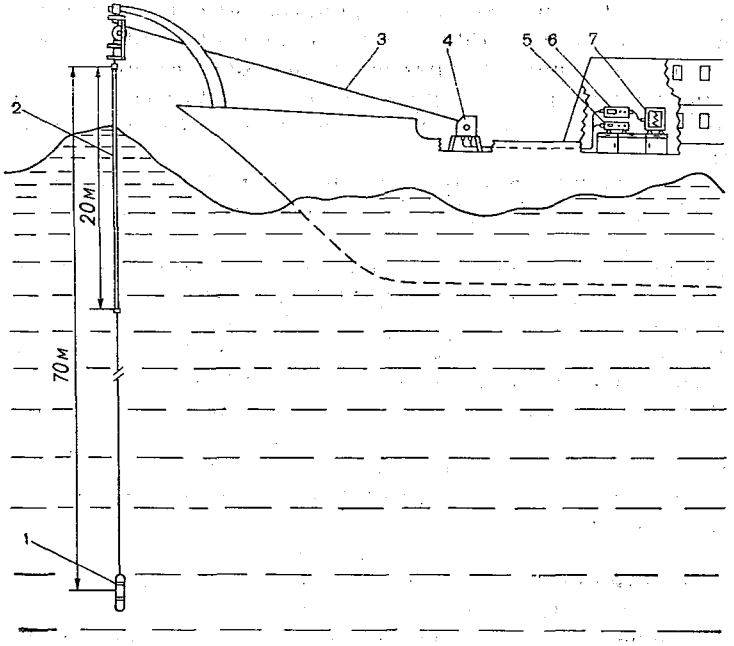


Рис. 13.10. Схема установки на судне волнографа ГМ-62.

1 — датчик качки, *2* — проволочный датчик, *3* — кабель, *4* — лебедка, *5* — блок управления, *6* — генератор, *7* — потенциометр.

локи берется равной превышению бака судна над килем. Для крупных судов она составляет 15—20 м.

Схема установки прибора на судне приведена на рис. 13.10.

В условиях качки судна изменения напряжения на проволочном датчике *2* вызываются: а) вертикальными колебаниями поверхности моря, т. е. волнами и б) вертикальными колебаниями той точки корабля, где подвешен проволочный датчик (подъемное устройство), причем изменения напряжения линейно зависят от обоих факторов. Поэтому для измерения вертикальных колебаний датчика в той же точке подвешивается датчик качки *1*, работающий по принципу датчика волнографа ГМ-16. Питание на датчики

подается по кабелю *3*, который наматывается на барабан лебедки *4*. Датчик качки *1* измеряет только вертикальную качку блока подъемного устройства и проволочного датчика *2*. На последний подается напряжение звуковой частоты от генератора *6*. Лебедка *4* управляется дистанционно с помощью блока управления *5*.

Оба датчика имеют линейные характеристики, одинаковые чувствительности (одинаковые углы наклона градуировочных характеристик) и постоянные и равные выходные сопротивления измерительных схем.

Напряжения датчиков суммируются по методу сложения токов и результат регистрируется электронным потенциометром *7*.

Чувствительность датчиков определяют их градуировкой и выравнивают изменением напряжения питания датчика качки, которое контролируют и регистрируют как во время градуировок датчиков, так и во время регистрации волнения (в начале и конце записи).

Датчиком качки является модифицированный датчик давления волнографа ГМ-16. Модификация произведена в основном в двух направлениях.

В датчике качки рис. 13.11 упрощен узел механического соединения его с кабелем и применен специальный способ заделки жил несущих проводов *7* в штырях *8* вилки *5* разъема.

Сопротивление на разрыв такой заделки выше сопротивления несущих проводов и составляет не менее 180 кгс.

Роль накидной гайки выполняет верхняя латунная головка *13* обтекателя датчика, которая соединяется резьбой со штуцером датчика через резиновую прокладку *4*. Соединение гнезд *9* розетки *3* разъема с полостью мембранной коробки осуществлено одножильными медными эмалированными проводами.

Нижняя головка обтекателя *15* для увеличения веса изготовляется из металла и заменяет собой груз датчика ГМ-16, так как он создает неудобства при эксплуатации.

Увеличение массы датчика до 25 кг с одновременным уменьшением диаметра кабеля подвески практически обеспечивают вертикальность линии подвески датчиков во время измерений волн при слабом дрейфе судна. Принцип действия датчика качки и его измерительная схема аналогичны принципу действия и схеме датчика давления волнографа ГМ-16.

Задачу создания противодавления на мембрану выполняет компенсатор статической составляющей, полость которого сообщается с полостью мембранной коробки отверстием диаметром 1 мм. Он установлен на дне корпуса *12* и представляет собой фторопластовую полусферу *11* толщиной стенки 0,5—0,6 мм. Во время погружения датчика, благодаря тому, что жесткость полусферы *11* много меньше жесткости мембраны *2*, опирающейся центром на стойку *1* еще более жесткой пластины *14*, происходит прогиб полусферы, сжатие воздуха и повышение его давления (с повышением давления воды) в полостях компенсатора и корпуса.

Сжатие воздуха происходит до тех пор, пока резиновый баллон не уложится в жесткое полусферическое гнездо. В это время давление воздуха на мембрану изнутри равно давлению воды на мембрану снаружи (жесткостью резинового баллона можно пренебречь).

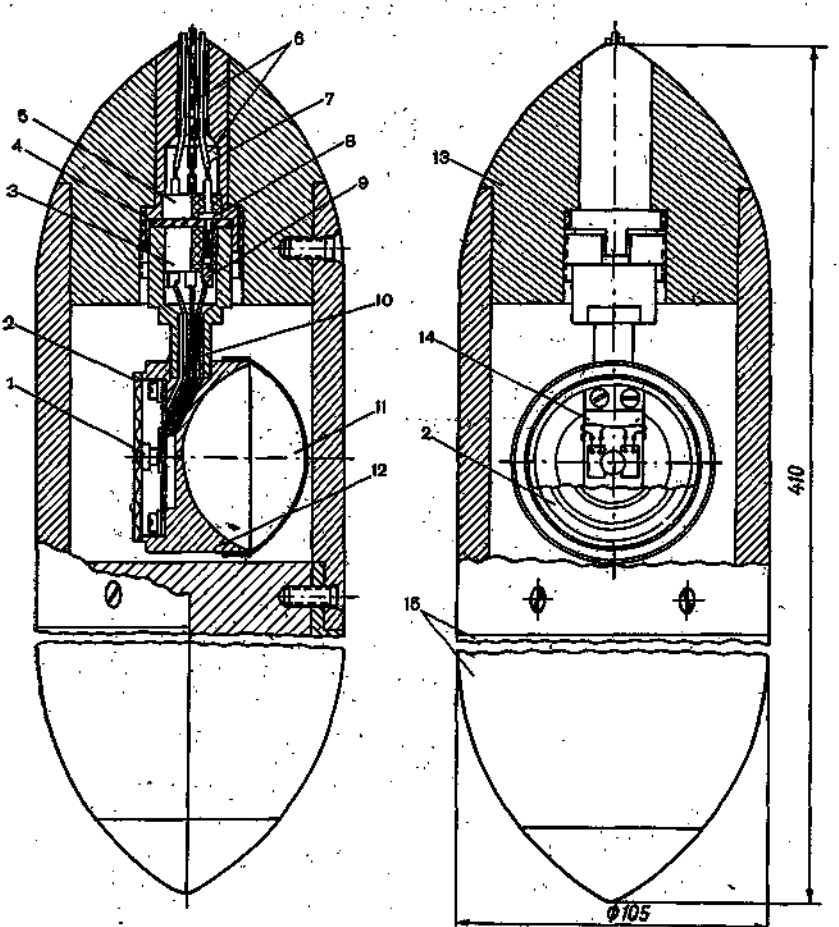


Рис. 13.11. Датчик качки волнографа ГМ-62.

1 — стойка мембраны, *2* — мембрана, *3* — розетка, *4* — резиновая прокладка, *5* — вилка разъема, *6* — после монтажа заливается пастой УТ-31, *7* — провода, *8* — штыри, *9* — соединения, *10* — после монтажа залить эпоксидным компаундом, *11* — фторопластовая полусфера, *12* — дно корпуса, *13* — головка, *14* — пластина, *15* — нижняя головка обтекателя.

Это давление определяется отношением объема компенсатора к внутреннему объему корпуса мембранной коробки и может регулироваться изменением объема первого.

Подъемное устройство рис. 13.12 предназначено для вывода датчиков за носовую или кормовую часть судна, автоматической остановки электромеханической лебедки после подъема датчиков

и ограничения раскачивания датчика качки в поднятом состоянии. Ролик изготовляется из изоляционного несмачиваемого материала (полированный плексиглас). Это надо для того, чтобы во время градуировки проволочного датчика и измерений, последний не замыкался на землю через подъемное устройство. Кип ролика (прорезь по его окружности) имеет ширину, равную диаметру кабеля

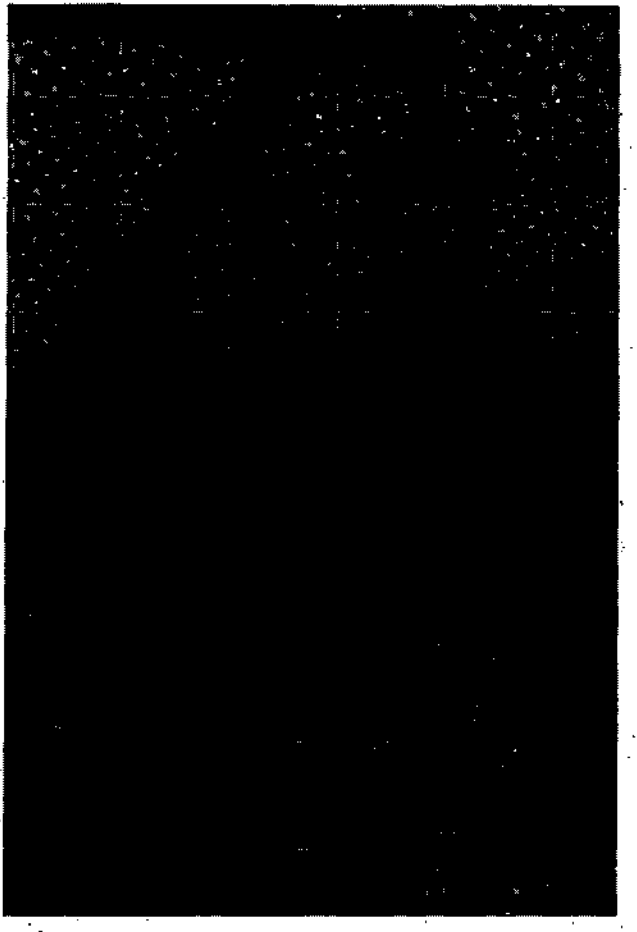


Рис. 13.12. Подъемное устройство волнографа ГМ-62.

датчика качки (5 мм) для более равномерного распределения нагрузки на поверхность кабеля.

Подъемное устройство может вращаться вокруг вертикальной оси на вертлюге, а также вокруг продольной оси. Благодаря этому ролик всегда устанавливается в плоскости кабеля и последний не срывается с ролика, а также не истирается о кольца. В кольца входит датчик качки после подъема. На одном кольце установлены

онцевые выключатели, предназначенные для остановки лебедки после вхождения верхней части датчика в это кольцо.

Подъемное устройство крепится с помощью зажима на кран-балке или специально изготавливаемом кронштейне. Вертикальное положение подъемному устройству создают вращением относительно оси и фиксированием болтом. Кран-балка или кронштейн изготовляются на судне и устанавливаются на его носовой или кормовой оконечностях.

Лебедка электромеханическая рис. 13.13 предназначена для опускания и подъема датчиков и связи их электрических цепей с измерительным блоком через ртутный токосъемник с пятью скользящими контактами. Электрическая связь токосъемника лебедки с блоком измерительным существляется 5-жильным экранированным кабелем, а связь с блоком управления — 2-жильным экранированным кабелем. Кабели подключаются к разъемам, установленным на задней стенке лебедки $Ш_1$ и $Ш_2$. Связь токосъемника с датчиками осуществляется пятью проводами марки П-274 с жилами из стальных и медных проволок через разъемы $Ш_3$ и $Ш_4$. Четыре провода соединяют токосъемник с датчиком качки и имеют длину 100 или 60 м, пятый провод соединяет токосъемник с проволочным датчиком и имеет длину 0 м (ток протекает от проволочного датчика через морскую воду, корпус судна и на клемму «земля» блока измерительного). Все провода скручены в один жгут диаметром 4,5 мм и одновременно служат для подвески тяжелого датчика качки.

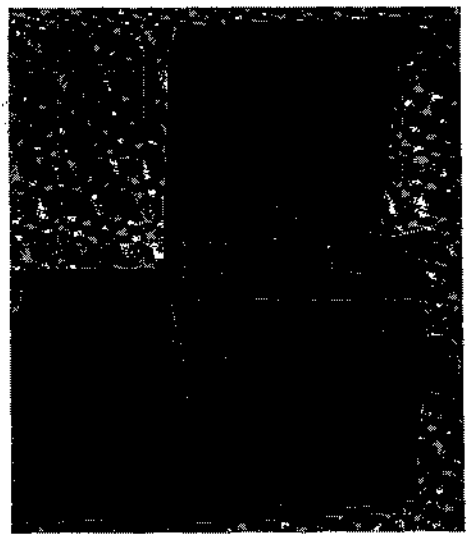


Рис. 13.13. Электромеханическая лебедка для кабеля волнографа ГМ-62.

Во избежание износа изоляции кабель датчиков укладывается на барабане лебедки по спиральной канавке в один ряд.

Барабан лебедки приводится во вращение электродвигателем через редуктор.

На барабане диаметрально расположены два цилиндрических магнита, которые при вращении барабана через каждые пол-оборота лебедки замыкают контактный элемент. Замыкания контакта (следовательно и обороты барабана) отсчитываются электромеханическим счетчиком, установленным в блоке управления лебедкой.

У прорези крышки лебедки установлен регулируемый по рейке концевой выключатель, предназначенный для автоматической

остановки лебедки после опускания датчиков на необходимую глу бину. Посредством кнопок *1* и *2* однополюсного выключателя установленного на задней стенке, лебедку можно остановить в лю бой момент.

Блок управления (рис. 13.14) предназначен для дистанционного (из лаборатории судна) управления опусканием и подъемом датчи ков при их градуировках и при записи волнения.

В качестве регистратора в судовом волнографе также исполь зуется электронный автоматический потенциометр КСП-4, в кото ром предел регистрации постоянного напряжения 0—10 мВ, дл линеаризации характеристики проволочного датчика изменен н предел 2—12 мВ на всю ширину диаграммной ленты.

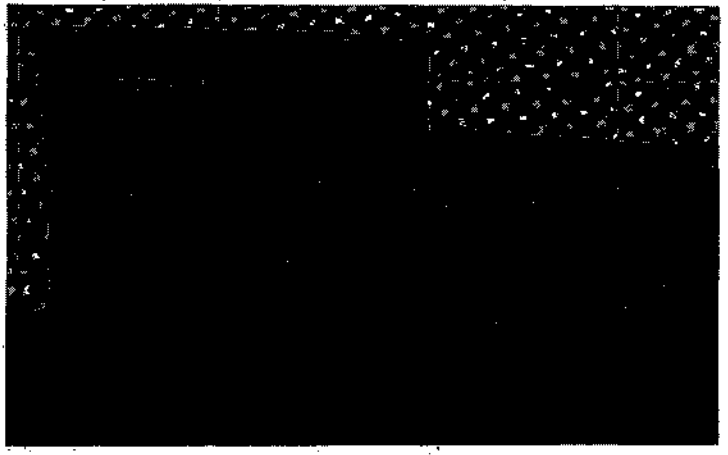


Рис. 13.14. Блок управления, генератор и регистратор волнографа ГМ-62.

Кроме записи волн, на потенциометре также регистрируются ре зультаты градуировок датчиков прибора и значения масштабов M и M_2 проволочного датчика.

Для питания измерительной схемы проволочного датчика ис пользуют транзисторно-магнитный генератор переменного (прямо угольного) напряжения.

Волнограф ГМ-62 обеспечивает непрерывную регистрацию ко лебаний волнового уровня с судна в следующих диапазонах: п высоте волны 0,05—20 м (с поддиапазонами 0,05—10 и 0,01—20 м) по периоду 0,4—20 с и более.

Измерения можно производить на глубинах моря, превышаю щих половину средней длины волны. При измерениях на глубина менее 35—40 м проволочный датчик перемещают ниже по кабел датчика качки (или поднимают выше датчик качки, соответственн укоротив кабель).

Порог чувствительности по высоте волн на поддиапазоне 0,1— 20 м с записью сигнала: проволочного датчика не более 4 см; дат

ика качки не более 5 см; на поддиапазоне 0,05—10 м соответственно 2 и 2 см.

Нелинейность градуировочной характеристики датчика качки не превышает 1% на поддиапазоне 0,05—10 м и 2% на поддиапазоне 0,1—20 м. Нелинейность и нестабильность характеристики проволочного датчика такая же, как и в волнографе ГМ-61.

Суммарная погрешность, рассчитанная вероятностным методом, складывается из относительной погрешности ±0,9% и абсолютной погрешности 4 см на диапазоне 0,05—10 м.

На диапазоне 0,1—20 м эти погрешности равны соответственно ±1% и ±8 см.

Суммарная основная предельная погрешность при измерении высот волн составляет $\Delta h_{10} = \pm(0{,}04 \pm 0{,}009\ h)$ или 13 см и $\Delta h_{20} = \pm(0{,}08 \pm 0{,}011\ h)$ или 30 см, где h высота измеряемой волны в метрах.

Суммарная основная предельная погрешность при измерении периодов волн $\Delta\tau = \pm 0{,}3$ с.

При измерениях высот волн может возникать также дополнительная погрешность, возникающая из-за отклонения от вертикали проволочного датчика во время записи волнения с дрейфующего судна, компенсируемая изменением напряжения питания датчика качки и градуировочного коэффициента прибора $\beta_з$, принимаемого для обработки волнограмм.

Во время записи волн в дрейфе линия проволочного датчика отклоняется от вертикали. В результате этого датчик качки переходит на другой уровень и на ленте смещается уровень записи (нулевая линия), а в результате отклонения проволочного датчика от вертикали возникает дополнительная погрешность в измерениях высот волн $\Delta h = \frac{h}{\cos\alpha} - h$, где h — высота волны, α — угол между линией проволочного датчика и вертикалью.

Коэффициент изменения показаний проволочного датчика K_h определяется выражением

$$K_h = \frac{1}{\cos\alpha}, \tag{13.1}$$

из которого следует, что проволочный датчик при наклоне завышает высоты волн. Одновременно для точной компенсации качки проволочного датчика в этих условиях надо также увеличить напряжение питания датчика качки $U_з$.

Формула для расчета напряжения питания датчика качки в общем случае имеет вид

$$U_з = U_г K_h \frac{\beta_г'' M_з}{\beta_г' M_г} \tag{13.2}$$

или

$$U_з = A K_h \frac{M_з}{M_г}, \qquad A = \frac{\beta_г''}{\beta_г'} U_г, \tag{13.3}$$

а при $M_г = M_з$

$$U_з = AK_h, \qquad (13.4$$

где $U_г$ — напряжение питания датчика качки при градуировке $\beta'_г$ — градуировочный коэффициент проволочного датчика, полученный при значении масштаба $M_г$; $\beta''_г$ — градуировочный коэффициент датчика качки, полученный при значении напряжения питания $U_г$; $M_з$ — значение масштаба проволочного датчика при записи волн.

При измерениях, как правило, используется формула (13.2).

Градуировочный коэффициент прибора, принимаемый в общем случае для обработки волнограмм, уменьшают в K_h раз:

$$\beta_з = \frac{\beta'_з}{K_h}. \qquad (13.5$$

Для удобства и ускорения введения поправок перед записью величины $U_з$ и $\beta_з$ для различных углов наклона проволочного датчика по известным (из градуировок) значениям $U_г$, $\beta'_г$, $\beta''_г$ и $M_г$ рассчитывают по (13.2), (13.3), (13.4) заранее и заносят в таблицу. Таблица 13.1 вычислена при условии $M_з = M_г$. Если это условие не соблюдается, то $U_з$ вычисляют по формуле (13.2).

Таблица 13.1

Угол наклона проволочного датчика $\alpha°$	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45
Поправочный коэффициент K_h	1,000	1,004	1,015	1,035	1,064	1,103	1,155	1,221	1,305	1,41
$U_з = AK_h$										
$\beta_з = \frac{\beta'_з}{K_h}$										

Дополнительная погрешность при измерениях периода волн аналогична погрешности волнографа ГМ-61.

Регистратор, блок измерительный и блок управления устанавливают в лаборатории, крепят к столу, переборке или кронштейну на амортизаторах угольниками или хомутом. Плоскость движения каретки с пером регистратора должна быть параллельна диаметральной плоскости судна для исключения возможного влияния качки на его показания. Оператор должен иметь возможность свободно открывать дверцу потенциометра и выдвигать кронштейн с регистратором.

Лебедку с кабелями и датчиками устанавливают в носовой или кормовой части судна на верхней палубе с таким расчетом, чтобы кабель в рабочем положении проходил на ролик подъемного уст

ройства, не задевая за надстройки и снасти судна. Фундамент электромеханической лебедки волнографа представляет собой сварную раму, прикрепляемую к палубе судна сваркой, лебедку к раме крепят болтами. Раму с лебедкой устанавливают так, чтобы ось барабана лебедки была перпендикулярна направлению на подъемное устройство при развернутой за борт кран-балке и кабель датчиков выходил к подъемному устройству через середину прорези в крышке лебедки. Для этой цели перед креплением к фундаменту регулируют наклон и разворот лебедки.

Расстояние от лебедки до подъемного устройства датчиков должно быть не менее полудлины рабочей части проволочного датчика. Для мелких судов типа СРТ это расстояние составляет около 5 м, для крупных судов — не менее 10 м. При необходимости лебедку можно устанавливать и на большем расстоянии от подъемного устройства (до 20 м). Лебедка должна быть защищена от прямых ударов волн.

Подъемное устройство устанавливают на кран-балке или специальном кронштейне. Кронштейн или кран-балка должны иметь размеры, позволяющие установить подъемное устройство на высоте не менее 2 м от фальшборта носовой или кормовой части судна и выводить подъемное устройство не менее чем на 3 м за борт. Кран-балку или кронштейн необходимо надежно фиксировать в рабочем положении, а также поворачивать на палубу на переходах судна в штормовую погоду, при швартовке его, осмотре или замене датчиков и др.

Для регулировки по вертикали на узлах кронштейна подъемного устройства имеются совмещаемые по окружности отверстия, через пару которых после установки подъемного устройства в вертикальном положении пропускают и закрепляют болт. Установка подъемного устройства с датчиком качки на кран-балке показана на рис. 13.10.

На судах, не имеющих подруливающего устройства и активного руля, кран-балку с подъемным устройством и датчиками и лебедку устанавливают на кормовой части судна. Это обусловлено тем, что на таких судах можно для уменьшения скорости дрейфа при сильном ветре осуществлять подработку кормой на ветер задним ходом судна. Так, судно типа «Пассат» в результате воздействия аэродинамической силы ветра на верхнюю часть корпуса и тяги одного из винтов легко устанавливается кормой на ветер и практически не имеет хода. Плавно регулируя разворот лопастей винта, судно можно удерживать кормой на ветер при различных его скоростях. Удерживать такое судно без хода носом на ветер практически не представляется возможным. К блоку измерительному и регистратору подводят ток 50 Гц, 220 В, к блоку управления — трехфазный ток 50 Гц, 220 В.

Процесс градуировки датчиков в морских условиях на судне в основном аналогичен градуировке волнографа ГМ-61. Градуировку желательно проводить при слабом волнении (h не более 0,5 м). Однако при необходимости градуировать можно и при

умеренном волнении с высотой волн 1—1,5 м и более. Скорость движения ленты при этом устанавливают равной 600 или 720 мм/час а время выдержки датчика на отметках увеличивают до 1—1,5 мин. По такой ступенчатой записи с наложенными волнами можно с необходимой точностью провести нулевые линии записей на отметках (восстановить «ступени» записи) и построить градуировочную характеристику. Образец такой градуировки с построением графика см. на рис. 13.8.

Ступенчатое опускание датчиков при градуировке на судне производят электромеханической лебедкой. До погружения нижнего конца проволочного датчика в воду опускание производят в обычном порядке. Второй оператор, находящийся у лебедки, в момент погружения в воду нижнего конца проволочного датчика и выхода его верхнего конца из прорези крышки лебедки, нажатием на кнопку «стоп спуска» прекращает опускать датчики.

Установив счетчик на блоке управления на «нуль», опускают датчики на 0,5 оборота лебедки (на один отсчет по счетчику). В момент первого срабатывания счетчика нажатием на кнопку «стоп» прекращают опускание и записывают показание датчика в течение 1—1,5 минут. Далее операции повторяются. По достижении пером регистратора края ленты записывают показание счетчика, устанавливают его на нуль и начинают такой же ступенчатый подъем датчика и запись на регистраторе при обратном ходе до достижения на счетчике показания, записанного при опускании. Повороту барабана на 1 отсчет по счетчику соответствует погружение датчика на 0,75 м.

Градуировку датчика качки осуществляют в тех же условиях и таким же порядком, что и проволочного. Рабочей градуировочной характеристикой этого датчика является характеристика, полученная при той глубине срабатывания компенсатора, при которой будет записываться волнение. После градуировки глубина срабатывания компенсатора не должна изменяться более чем на 3—5 м. Компенсатор датчика качки должен срабатывать в тот момент, когда проволочный датчик нижним концом входит в воду или несколько ранее на 3—5 м. Этого достигают регулировкой объема баллона компенсатора.

До глубины срабатывания компенсатора (H_0) показания регистратора не изменяются. Эта глубина в зависимости от применяемого кабеля равна примерно 37—43 м или 57—63 м. После срабатывания компенсатора, что заметно по началу резкого движения вправо пера регистратора, опускают датчики еще на 10 полуоборотов барабана лебедки (10 отсчетов по счетчику), после чего лебедку останавливают нажатием кнопки «стоп» блока управления, устанавливают счетчик на нуль, затем поднимают датчик обратно на 10 отсчетов, устанавливают счетчик на нуль и записывают показание датчика на первой отметке. Далее, опускают датчики до срабатывания счетчика. В момент срабатывания счетчика спуск прекращают и записывают показание датчика на второй отметке. Далее процесс повторяют до 12 отсчетов счетчика на диапазоне

10 м или до 24 отсчетов на диапазоне 20 м (градуировочную характеристику получают соответственно на 9 и 18 м).

По окончании спуска устанавливают счетчик на нуль, переключатель на блоке управления устанавливают в положение «подъем» и начинают градуировку на подъеме датчика до достижения счетчиком показания, записанного при опускании.

Градуировку датчиков производят по два раза на диапазонах 10 и 20 м. При этом на ленте в начале и конце каждой градуировки записывают показания $M_г$ и напряжения питания $U_г$ проволочного датчика и датчика качки.

По результатам градуировок датчиков строят графики, которые отличаются от градуировочного графика ГМ-61 тем, что через два поперечных деления ленты (через 20 мм) откладывают полуобороты лебедки (0,75 м). По совокупности точек проводят градуировочные характеристики и по ним вычисляют постоянные (величины, обратные чувствительности) $\beta'_г$ см/дел. при $M_г$ дел. для проволочного датчика и $\beta''_г$ при $U_г$ дел. для датчика качки.

13.7. Обработка волнограмм

Обработка волнограмм заключается в составлении «Таблицы волнографных наблюдений» (табл. 13.2), содержащей высоты и периоды отдельных волн и ординаты взволнованной поверхности моря. Последние необходимы для введения их в ЭВМ при помощи перфоленты с целью получения спектральных и других характеристик волнения.

Вначале заполняют верхнюю часть «Таблицы волнографных наблюдений» в соответствии с инструкцией [59]. Данные для ее заполнения берут из книжки наблюдений над волнением и с волнограмм.

Осредненную скорость лентопротяжки v (мм/с) определяют по отметкам времени на волнограмме. Если частота тока, питающего регистратор, нестабильна и на разных участках одной волнограммы разность скорости превышает 3%, для расчетов периодов пользуются на каждом участке волнограммы скоростью, ему соответствующей (определенной по отметкам секундомера).

В таблицу записывают также значение осредненного масштаба записи (значение постоянной прибора β), который для ГМ-61 и ГМ-62 определяют из соотношения

$$\beta'_з = \beta'_г \frac{M_г}{M_з}, \tag{13.6}$$

где $M_з = \frac{M_{з_1} + M_{з_2}}{2}$ — значение масштаба прибора, осредненное по записям его $(M_2 - M_1)$ в начале и конце волнограммы.

На обрабатываемом участке волнограммы через середину группы мелких волн проводят среднюю волновую линию, например, через волны 10—15 на рис. 13.9. Эта линия предназначена для

Образец записи

Страна *СССР*. Название судна *Айсберг*. Широта *58° 45′ с.* Долгота *009° 00′ з*
1, 2 *3—5* *6—9* *10—14*

число *25*. Номер станции *006*. Время начала наблюдений *15 ч 10 мин*. Продол

Время действия ветра (сут)	Разгон, км	Прибор для измерения ветра	Высота измерения ветра, м	Интервал осреднения скорости ветра, мин	Ветер									
					за 24 ч до начала		за 12 ч до начала		за 2 ч до начала		за 1 ч до начала		в начале наблюдений	
					направление (код)	скорость, м/с	направление (код)	скорость, м/с	направление (код)	скорость, м/с	направление (код)	скорость, м/с	направление (код)	скорость, м/с
		28, 29	30, 31	32—34					35, 36	37, 38	39, 40	41, 42	43, 44	45, 4
—	—	*06*	*07*	*021*	*11*	*15*	*11*	*17*	*15*	*20*	*10*	*18*	*13*	*23*

№ волны	Высота волны, см	Период, с	№ волны	Высота волны, см	Период, с	№ волны	Высота волны, см	Период, с	№ волны	Высота волны, см	Период, с
1	*140*	*3,7*	*15*	*231*	*2,4*	*29*	*83*	*1,3*	*43*	*91*	*1,9*
2	*135*	*3,0*	*16*	*82*	*1,3*	*30*	*175*	*2,0*	*44*	*154*	*2,0*
3	*110*	*2,4*	*17*	*101*	*1,5*	*31*	*210*	*2,5*	*45*	*76*	*1,4*
4	*106*	*2,9*	*18*	*28*	*1,4*	*32*	*157*	*2,1*	*46*	*43*	*1,1*
5	*201*	*2,6*	*19*	*49*	*1,0*	*33*	*93*	*1,5*	*47*	*85*	*1,5*
6	*170*	*3,5*	*20*	*65*	*1,2*	*34*	*127*	*1,3*	*48*	*171*	*2,4*
7	*60*	*1,0*	*21*	*78*	*1,3*	*35*	*81*	*1,7*	*49*	*158*	*2,5*
8	*237*	*2,1*	*22*	*103*	*1,1*	*36*	*65*	*1,1*	*50*	*96*	*1,4*
9	*220*	*2,5*	*23*	*85*	*1,2*	*37*	*134*	*1,3*	*51*	*63*	*1,2*
10	*154*	*2,8*	*24*	*152*	*1,5*	*38*	*78*	*1,2*	*52*	*122*	*2,2*
11	*170*	*2,2*	*25*	*94*	*1,4*	*39*	*107*	*2,5*	*53*	*87*	*1,9*
12	*110*	*1,4*	*26*	*201*	*2,2*	*40*	*143*	*3,0*	*54*	*153*	*1,5*
13	*68*	*1,5*	*27*	*173*	*2,1*	*41*	*182*	*2,1*	*55*	*49*	*1,2*
14	*173*	*2,3*	*28*	*117*	*2,0*	*42*	*123*	*1,8*	*56*	*65*	*1,4*

Таблица 13.2

волнографных наблюдений

Квадрат Марсдена $\frac{181}{15-17}$. Глубина моря $\frac{010\ (10\ м)}{18-20}$. Год $\frac{65}{21,22}$, месяц $\frac{09}{23,24}$,

жительность наблюдений $\frac{010}{25-27}$.

Волнение														
направление (код)	высота (код)	период (код)	тип (код)	наличие течения во время измерения	Метеоявления (код)	Прибор для измерения волнения (код)	Заглубление датчика, м	Осредненный масштаб записи β, см/дел.	Осредненная скорость лентопротяжки v, мм/с	Дискретность, доли секунды	Наличие материалов в ЦОДе	Архив (код)	Номер реализации по ЦОДу	Оценка качества
47, 48	49, 50	51, 52	53		54	55, 56	57, 58	59—61	62—64	65—66	67, 68	69, 70	71—76	77—80
—	—	—	4	//	2	01	06	187	038	—		12		

Ординаты	Ординаты	Ординаты	Ординаты	Ординаты	Ординаты	Ординаты	Ординаты	Ординаты	Ординаты	Ординаты	Ординаты

введения единообразия в обработку волнограмм и облегчения нумерации волн. После проведения средней волновой линии волны нумеруют. При нумерации отдельной волной условно принято считать колебание на волнограмме, расположенное между двумя соседними подошвами (или часть волнового профиля, трижды последовательно пересекающая средний волновой уровень).

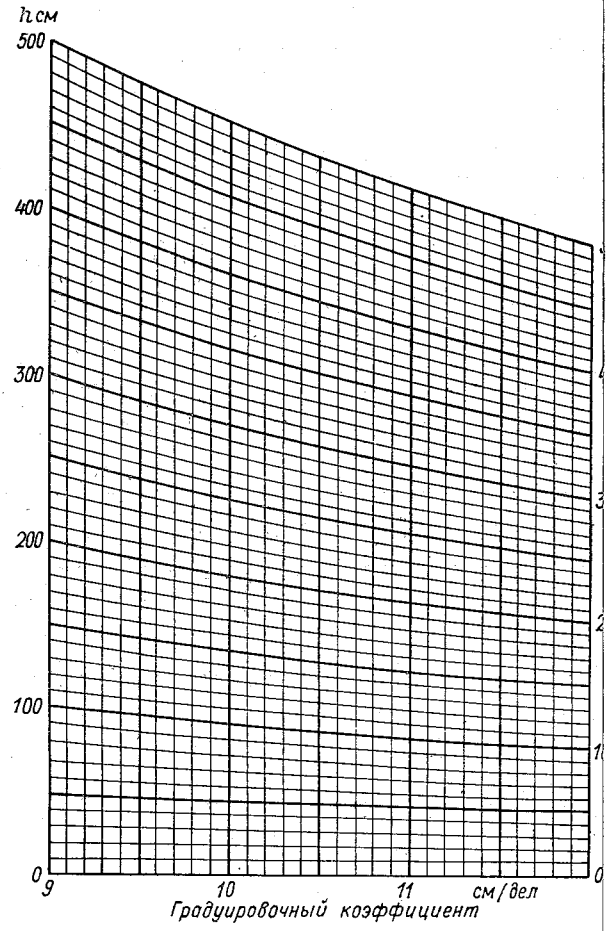


Рис. 13.15. Планшет

Номера волн записывают на ленте над вершиной каждой волны или каждой пятой волны. Вершины волн на записи находятся со стороны начала шкалы ленты.

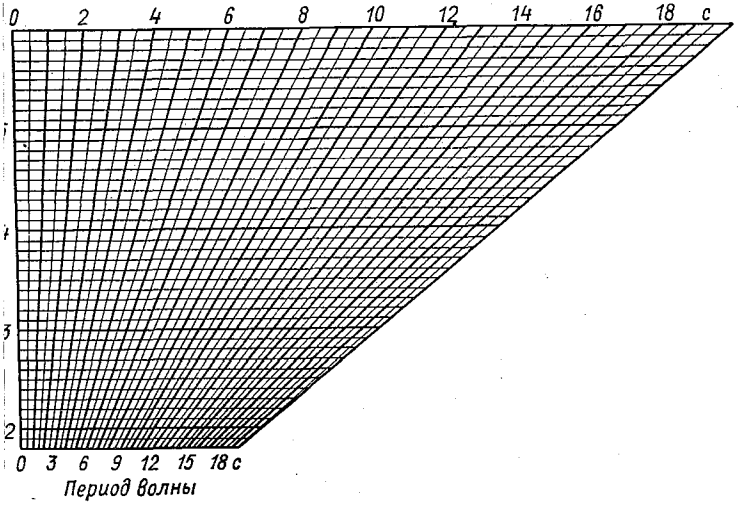
Для получения средних значений высот волн следует обрабатывать левые (подветренные) склоны. Обычно измеряют высоты наиболее крутых подветренных склонов (левый склон, если держать ленту ложбинами волн к себе), и по ним строят функции распределения высот.

Высоты волн отсчитывают с точностью до 0,1 деления. Они равны разности в делениях ленты ординат подошв и вершин волн. Практически удобнее отсчитывать непосредственно число делений ленты между вершиной и подошвой. Отсчеты делений ленты записывают карандашом на ленте по склону соответствующей волны. Высоты волн в сантиметрах находят умножением отсчета в делениях ленты на значение осредненного масштаба записи β.

Периоды в секундах находят делением расстояний между подветренными и наветренными подошвами волн на скорость движения ленты. Подошвы одной волны часто находятся на разных уровнях, поэтому для удобства измерения расстояния через их середины параллельно поперечным линиям ленты проводят тонкие делительные линии. Расстояние между подошвами равно кратчайшему расстоянию между делительными линиями.

Обработка упрощается и уменьшается вероятность ошибок вследствие уменьшения вычислительных операций, если пользоваться планшетом для обработки волнограмм.

Планшет рассчитан на обработку волнограмм с постоянной прибора β от 9 до 12 см/дел. и со скоростью движения ленты от



аботки волнограмм.

1,8 до 6,0 мм/с. Им можно обрабатывать записи волн с высотами до 500 см и периодами до 20 с.

Планшет представляет собой прозрачную пластмассовую пластинку размером 250×130×2 мм (рис. 13.15). На этой пластинке фотографическим способом нанесены в масштабе ленты регистратора номограмма связи высот волн с постоянной прибора β и номограмма связи периодов волн со скоростями движения ленты.

Номограмма высот волн рассчитана по формуле

$$b = \frac{hc}{\beta}, \tag{13.7}$$

где h — высота волны, см; c — цена деления ленты, мм; β — постоянная волнографа (градуировочный коэффициент), см/дел.; b — высота ординаты на номограмме высот, мм.

Номограмма периодов волн рассчитана по формуле

$$a = \tau v, \tag{13.8}$$

где τ — период волн, с; v — скорость движения ленты, мм/с; a — отсчет абсциссы на номограмме периодов, мм для данной v.

Цена деления на номограмме высот по оси абсцисс составляет 0,1 см/дел., а по оси ординат — 10 см; цена деления на номограмме периодов по оси абсцисс — 0,5 с, а по оси ординат — 0,1 мм/с.

На планшете параллельно его длинным сторонам крепят визирную нить (цветную капроновую жилку), ориентирующую оператора при отсчетах высот или периодов волн на постоянную прибора или на скорость движения ленты.

Планшетом пользуются следующим образом:

1) при определении высоты волны визирную нить устанавливают по линии градуировочного коэффициента обрабатываемой записи, планшет накладывают на ленту с записью волн таким образом, что ось абсцисс номограммы высот проходит через подошву волны параллельно продольным линиям ленты. Перемещением планшета параллельно этим линиям визирную нить подводят к вершине волны и по кривым высот отсчитывают в сантиметрах точку пересечения вершины волны с визирной нитью, это и будет высота волны;

2) при определении периода волны визирную нить устанавливают по линии скорости протяжки ленты обрабатываемой записи, планшет накладывают на ленту с записью волн таким образом, что ось ординат номограммы периодов проходит через подветренную подошву волны параллельно поперечным линиям ленты. Перемещением планшета параллельно этим линиям визирную нить подводят к наветренной (правой) подошве. Отсчет по оси абсцисс пересечения линии периода с наветренной подошвой на уровне визирной нити и будет периодом волны, заключенной между этими подошвами. Высоту волны можно отсчитывать с точностью до 2 см, период волны с точностью до 0,1 с.

Для ускорения обработки волнограмм в процессе записи можно подсчитать общее количество волн N и измерить n высот наиболее высоких волн, составляющих 5—10% от общего их числа. Вычислив среднее значение измеренных высот $\overline{h}_i$ и их обеспеченность $i = \frac{n}{N}\%$, среднее значение всех волн на глубокой воде находят из

выражения $\bar{h}=\frac{\bar{h}_i}{K_{h_i}}$, где $K_{h_{3\%}}=2{,}38$, $K_{h_{5\%}}=2{,}22$, $K_{h_{7\%}}=2{,}12$ и $K_{h_{10\%}}=2{,}02$ [39].

Если измерения производят на глубине, меньшей $^1/_3$ длины волны, то порядок вычисления $\bar{h}$ иной. Значение $\bar{h}_i$ делят на глубину моря H, затем по кривым рис. 13.16 для полученного $\frac{\bar{h}_i}{H}$ снимают значение $\frac{\bar{h}}{H}$ и, умножив его на глубину места, находят значение средней высоты всех волн $\bar{h}$. Средний период получают делением общего времени записи на число всех волн. Дальнейшая обработка результатов, занесенных в таблицы, зависит от задач, для решения которых измеряется волнение.

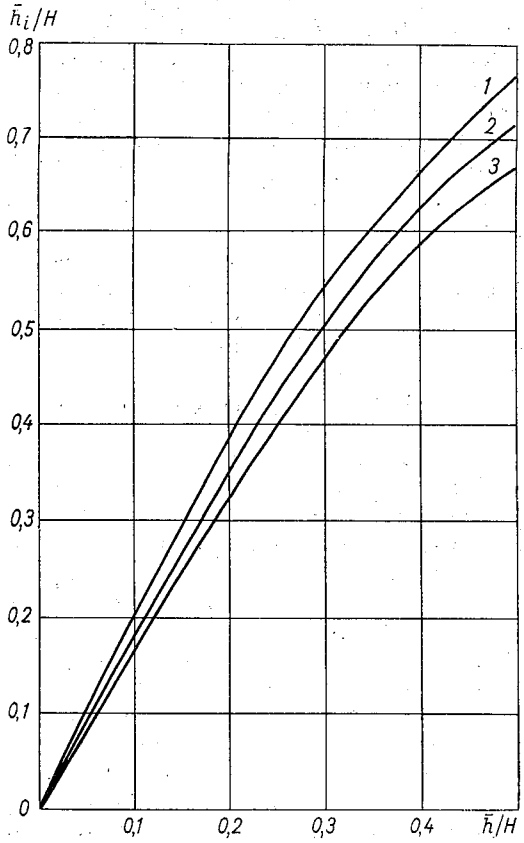


Рис. 13.16. Зависимость относительной средней высоты наиболее высоких волн от относительной средней высоты всех волн для различных обеспеченностей

1 — $i=5$, *2* — $i=10$, *3* — $i=20\%$.

Одной из задач является построение дифференциальных и интегральных одномерных и двумерных функций распределения высот и периодов, определение корреляционной функции и энергетического спектра.

Вычисление спектрально-статистических характеристик волнения производится на ЭВМ. Для этого аналоговый сигнал с помощью аналого-цифрового преобразователя-регистратора (АЦПР) представляется в дискретно-цифровом виде в процессе записи или методом полуавтоматического считывания волнограммы. Аналого-цифровое преобразование осуществляется путем кодирования мгновенного положения каретки самописца с одновременной регистрацией дискретно-числовой информации ленточным перфоратором ПЛ80/8 на пятидорожечной телеграфной перфоленте, в виде

массива условно положительных двоично-восьмеричных чисел с добавлением служебных символов, необходимых для ввода массива в оперативную память ЭВМ «Минск-22—Минск-32».

Опрос кода может производиться с фиксированными частотами 1, 2, 4, 8, 16 Гц, от внешнего генератора с заданной частотой в пределах до 16 Гц и путем разового опроса в произвольные моменты времени по заданию оператора.

Диапазон цифровой регистрации составляет 512 кодовых единиц (от 0 до 777 в восьмеричной системе) на полную шкалу самописца с частичным перекрытием диапазона на концах шкалы.

Погрешность дискретно-кодовой регистрации не превышает ±1 младшего разряда кода.

При работе в режиме полуавтоматического считывания перфорация производится в процессе визуального отслеживания оператором графической записи на осциллограмме или диаграммной ленте при транспортировке ее лентопротяжным механизмом самописца. Необходимая дискретность кодовой регистрации по отношению к реальному масштабу времени в этом случае обеспечивается соответствующим подбором соотношения частоты опроса и скорости лентопротяжного механизма.

13.8. Радиолокационный метод измерения волнения

Радиолокационный метод измерения высот волн, реализуемый с помощью волноизмерительной приставки к судовой радиолокационной станции (РЛС), обеспечивает измерение колебаний морской поверхности по площади, размеры которой определяются длительностью излучаемого импульса, шириной диаграммы направленности антенны в горизонтальной плоскости и временем задержки строба, которым задается расстояние до площадки, на которой ведется измерение (размер площадки равен 75×45 м). Следовательно, радиолокационный метод измерения как бы эквивалентен методу измерения с помощью множества волнографов, размещенных по площади. Он дает сведения о высоте волн через несколько десятков секунд после начала измерения.

Однако этим методом нельзя получить данные о параметрах отдельных волн, которые дают волнографы, но можно извлечь сведения о характеристиках групп волн, а также вести измерения на ходу судна.

Кроме того, данный радиолокационный метод обеспечивает измерение только ветровых волн (волны зыби практически не создают радиолокационное отражение), тогда как волнографы регистрируют суммарные волновые колебания морской поверхности.

Волноизмерительная приставка к судовой навигационной радиолокационной станции — электронный прибор, подключаемый к выходу видеодетектора приемного устройства радиолокатора. Прибор выделяет огибающую импульсов, отраженных от определенного участка взволнованной поверхности и измеряет ее частоту, которая фукционально связана с высотами морских ветровых волн.

Волноизмерительная приставка предназначена для оснащения судовых и береговых гидрометстанций, имеющих радиолокационные станции 3-х или 10-ти сантиметрового диапазона, в целях получения оперативной информации о высоте морских ветровых волн, для передачи службе прогнозов, в научно-исследовательских целях, для раздельного измерения составляющих смешанного волнения, а также для изучения изменчивости волн по пространству. В последних двух случаях измерения ведутся синхронно радиолокационным методом и волнографом (ГМ-62, ГМ-61, ГМ-16, ГМ-32).

При работе импульсной навигационной РЛС морская поверхность облучается электромагнитными волнами, которые при взаимодействии с взволнованной поверхностью моря модулируются по амплитуде и частоте.

В данной приставке для измерения высот волн используется амплитудная модуляция отраженного сигнала (т. е. высоты волн определяются по параметрам огибающей).

Установлено, что с ростом высот ветровых волн растет частота огибающей отраженного сигнала. Эта зависимость, полученная в одном из экспериментов, показана на рис. 13.17, на котором по оси абсцисс отложены высоты волн 15%-ной обеспеченности, замеренные судовым волнографом ГМ-62 ($h_{15\%}$), а по оси ординат — соответствующие им частоты колебаний огибающей ($\nu_{дел}$), замеренные приставкой.

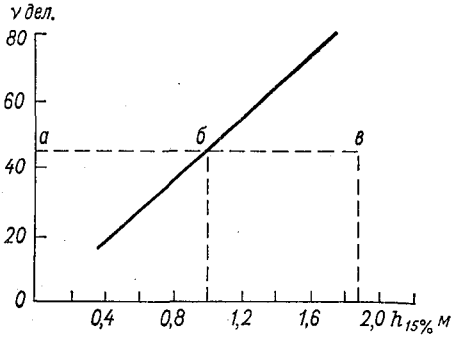


Рис. 13.17. Градуировочная характеристика РЛВ.

Так как с помощью приставки измеряются высоты только ветровых волн, а волнографом — суммарные высоты, то показания приставки в случае смешанного волнения будут сдвинуты вправо относительно прямой графика, соответствующей ветровому волнению, на высоту волн зыби.

На рис. 13.18 приведена структурная схема волноизмерительной приставки, работа которой происходит следующим образом.

Сигнал с выхода видеодетектора приемного устройства РЛС поступает на двухкаскадный видеоусилитель, а строб от задающего генератора РЛС подается на схему задержки, состоящую из двух ждущих мультивибраторов. Мультивибратор *1* вырабатывает импульс длительностью 15 мкс. Задним фронтом этого импульса запускается второй мультивибратор *2*, вырабатывающий строб, длительность которого 1 мкс.

На схему совпадения поступает сигнал с видеоусилителя и строб от ждущего мультивибратора *2*, что обеспечивает прохождение отраженного сигнала на пиковый детектор только от определенного участка морской поверхности.

Пиковый детектор выделяет огибающую, пульсации которой сглаживаются фильтром. Сглаженный сигнал усиливается усилителем, с которого сигнал подается на триггер.

Триггер изменяет свое состояние при прохождении входного переменного напряжения через нулевые значения. С выхода триггера импульсы подаются на ждущий мультивибратор *3*, который формирует импульсы заданной амплитуды и длительности, частота следования которых будет пропорциональна частоте огибающей сигнала.

В блоке индикации происходит интегрирование импульсов, причем, напряжение на интеграторе, которое подается на индикаторный прибор, функционально связано с частотой огибающей. Таким образом, отклонение стрелки индикаторного прибора будет характеризовать высоту волны.

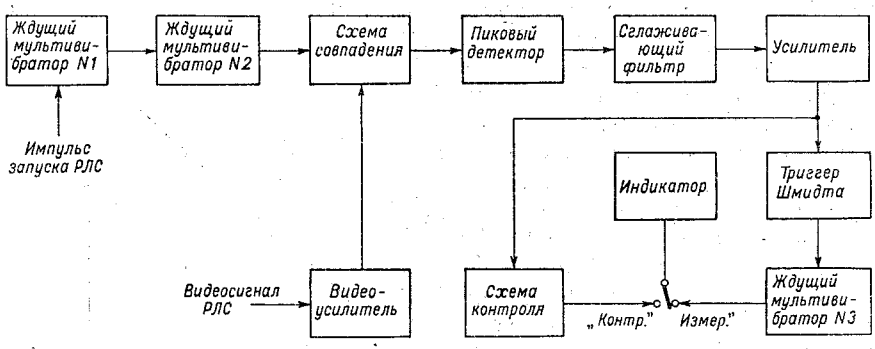


Рис. 13.18. Блок-схема волноизмерительной приставки к РЛС.

Основные технические характеристики

Диапазон измерения высот волн 15%-ной обеспеченности, м	0,3—9
Предельная погрешность, %	12
Время измерения высот волн после включения высокого напряжения РЛС, мин	не более 3
Питание приставки от сети переменного тока:	
напряжение, В	220
рабочая частота, Гц	50
Масса прибора, кг	не более 7
Габариты, мм	не более 380×230×140

В процессе измерения волнения необходимо выполнять следующие операции.

1. Включить судовую РЛС.

2. Установить антенну РЛС навстречу волнам. Обратить внимание на то, чтобы отсутствовало затенение луча РЛС (например, мачтами судна).

3. Установить шкалу дальности РЛС «5 м. миль». Ручку «ВАРУ» на приборе «И» РЛС установить в такое положение, чтобы на экране локатора сигналы, отраженные от морской поверхности,

имели примерно одинаковую яркость в диапазоне 1—2 м. мили. Ручку «Усиление» установить в среднее положение.

4. Включить приставку и поставить переключатель рода работы в положение «Контроль». Скорректировать усиление РЛС. Для этого ручкой «Усиление» РЛС установить такой уровень видеосигнала на входе приставки, при котором максимальные отклонения стрелки индикатора находились бы в пределах 100—125 делений.

5. Перевести переключатель рода работы приставки в режим «Измерение». Поскольку периоды групп волн значительно превышают интервал осреднения измерительной схемы приставки, показания ее будут изменяться во времени. Поэтому при снятии отсчета показания индикатора необходимо осреднять за интервал времени 1,5—2 мин. Если измерения ведутся совместно с волнографом, то по такой методике сделать два отсчета — в начале и в конце волнографной записи.

6. Записать в журнал показания приставки и сведения о гидрометеорологической обстановке во время измерения.

7. Выключить приставку и РЛС.

Измерение волнения волноизмерительной приставкой для оперативных целей проводится в синоптические сроки независимо от состояния движения судна.

Таблица 13.3

Форма журнала и пример записи наблюдений

Дата	Координаты		Время гринвичское (ч мин)	Показания приставки, дел.	$h_{15\%}$ м	Волнение по визуальным наблюдениям		
	φ	λ				тип	период, с	высота, м
1	2	3	4	5	6	7	8	9
I X 1973	*35° 05′ с.*	*159° 00′ в.*	*18 51*	*74*	*1,8*	*смешанное*	*6,3*	*2,4*

Состояние поверхности моря, балл	Ветер		Осадки	Состояние судна	Курсовой угол, °	Примечание
	направление, °	скорость, м/с				
10	11	12	13	14	15	16
5	*340*	*12*	*сильный дождь*	*дрейф*	*90*	*волнографных измерений нет*

Если измерения ведутся на ходу судна, то в журнале одновременно записываются только визуальные наблюдения волн; если измерения ведутся в дрейфе, то желательно высоты волн синхронно измерять волнографом.

Так как в оперативную телеграмму включаются высоты волн 3%-ной обеспеченности, то высоты волн 15%-ной обеспеченности, полученные по радиолокационной волноизмерительной приставке, необходимо умножить на коэффициент 1,36.

Результаты измерений, а также условия, при которых ведутся измерения, и данные гидрометеорологической обстановки заносятся в журнал, форма которого приведена в табл. 13.3.

В графе 13 записывается вид осадков (дождь, град, снег);

в графе 15 отмечается угол между диаметральной плоскостью судна и направлением излучения антенны;

в графу 14 заносится «ход» или «дрейф».

В ночное время, когда визуальные определения волнения затруднены, графы 7—10 не заполняются.

13.9. Стереофотосъемка волнения

Стереофотограмметрическая съемка волнения обеспечивает получение целого ряда количественных и качественных характеристик волнения, некоторые из них другими методами до настоящего времени получить не удавалось. Стереофотограмметрический метод является наиболее точным и объективным средством измерения элементов волн, их сложной формы.

В основу метода положена особенность бинокулярного зрения, благодаря которому человек может ощущать наблюдаемые им объекты пространственно, т. е. может оценивать их взаимное расположение в пространстве трех измерений.

Ощущение пространственности объекта возникает вследствие того, что при бинокулярном зрении наблюдаемое видно из двух точек пространства, которыми являются правый и левый глаз человека. Аналогичные съемки водного пространства осуществляются двумя фотоаппаратами.

При стереоскопическом рассматривании полученной таким образом пары снимков (стереопары) возникает оптическая трехмерная модель морского волнения.

При фотографировании морского волнения с целью дальнейшего использования снимков для создания высококачественной оптической модели, поскольку водная поверхность находится непрерывно в движении, съемка производится строго одновременно (синхронно) двумя фотоаппаратами, имеющими одинаковые по своим оптическим характеристикам объективы.

Точность измерения волн при перспективной стереофотограмметрической съемке составляет от 5—8 до 10—15% по высоте и от 1—2 до 8—15% по длине. Наиболее точные измерения можно выполнять на переднем плане, а с удалением к горизонту точность измерения падает до 15%. Полученная площадь стереопары с изо-

бражением ветровых волн или зыби составляет от 0,05 до 0,1 км²; это обстоятельство заставляет при изучении штормового волнения производить съемку сериями, чтобы в итоге на смежных парах было получено изображение совокупности разнообразия волн, достаточное для статистической обработки.

Необходимо отметить, что при перспективной стереофотограмметрической съемке волнения с судна последнее своим корпусом вносит изменения в волновое поле: чем ближе к корпусу, тем более заметное. Для уменьшения воздействия корпуса судна на системы волн необходимо съемочные курсы судна располагать нормально фронту распространения основной системы волн.

Способ стереофотограмметрической съемки базируется на методе пространственной прямой засечки. В зависимости от метода камеральной обработки и применяемых при этом приборов пространственные координаты точек объекта получают либо непосредственным их измерением по воспроизведенной трехмерной оптической модели, либо аналитически, путем вычислений, в основу которых положены измеренные по снимкам искомые координаты точек и сведения об элементах ориентирования снимков.

Элементы ориентирования делятся на элементы внутреннего и внешнего ориентирования снимков, составляющих стереопару.

К элементам внутреннего ориентирования относятся:

— фокусное расстояние съемочных камер,

— положение главной точки снимка.

К элементам внешнего ориентирования относятся:

— геодезические координаты положения передней узловой точки объектива левого снимка (X, Y, Z);

— длина базиса съемки B, его дирекционный угол σ и превышение правого конца базиса относительно левого;

— углы наклона оптических осей правой и левой камер ω_a и ω_b, отсчитываемые от плоскости горизонта,

— углы отклонения оптических осей α_a и α_b, отсчитываемые от перпендикуляра к базису съемки,

— углы крена снимков,

— угол схождения проекции направления оптических осей.

В зависимости от размера углов, положения съемочных камер, базиса и превышений относительно друг друга можно использовать различные методы обработки, чтобы получить достижимые точности воспроизводства оптической модели волнения.

Для стереограмметрической съемки волнения с судов используются топографические аэрофотоаппараты (АФА), обеспечивающие получение фотоснимков, пригодных для высокоточных фотограмметрических измерений. Для этого они имеют строгие оптические характеристики объектива, жесткую конструкцию, гарантирующую неизменность элементов внутреннего ориентирования. Для стереограмметрической съемки подходят только такие конструкции топографических аппаратов, у которых спуск затвора не связан с общей кинематической схемой АФА, а производится независимо от нее от специального соленоида. К таким отечественным

аэрофотоаппаратам относятся: АФА-37, АФА-39, АФА-41, АФА-42 и специально сконструированные аэрофотоаппараты для перспективной съемки с судна — стереофотосъемочный агрегат МСА-1 на базе модернизированных аппаратов АФА-37 и АФА-39.

Основными частями современного аэрофотоаппарата являются: камера, командный прибор, кассета, соединительные кабели.

Камерная часть аэрофотоаппарата содержит объектив, затвор с приспособлениями для установки времени выдержки и светофильтры. Кассета аэрофотоаппарата имеет транспортирующий, мерный и выравнивающий механизмы, действующие благодаря отсосу воздуха специальными вакуумпомпами. Транспортирующий механизм после очередного фотографирования перематывает аэропленку на длину одного кадра, мерный механизм отмеривает аэропленку, необходимую для этого кадра, а выравнивающий механизм выравнивает аэропленку в плоскость фотографирования. Кроме того, на кассете имеется счетчик снимков, указатель метража неэкспонированной пленки и механический контролер перемотки пленки.

Командный прибор позволяет автоматически управлять съемкой через определенные интервалы времени, делать одиночные снимки. На командном приборе имеются приспособления, позволяющие следить за работой узлов аэрофотоаппарата (перемотка пленки, счетчик кадров и др.).

Специально для морских перспективных стереофотограмметрических съемок в СССР в 1959 г. был разработан аэрофотосъемочный агрегат МСА-1 (Н. В. Хохловский и др.).

Стереофотосъемочный агрегат предназначен как для получения одиночных стереопар, так и серий снимков. Агрегат МСА-1 состоит из пары автоматических фотографических камер АФА-37 МС или АФА-39 МС. Фокусное расстояние объективов увеличено до 100 мм, что позволяет без трансформации снимков производить их обработку на стереопланиграфе. Время полного цикла работы АФА в агрегате МСА-1 составляет от 2 с (АФА-37) до 0,8 с (АФА-39).

В агрегате МСА-1 фотокамеры помещены в специальные герметизированные контейнеры — литые кожухи. В них установлены также вакуумпомпы, обеспечивающие прижим пленки в момент съемки. В передних контейнерах, в специальных оправах расположены защитные стекла, вращающиеся со скоростью 1500 об/мин, сбрасывающие падающие на стекла капли дождя, брызги воды и т. п.

В целях защиты вращающихся стекол от запотевания и обледенения устанавливаются специальные обогревающие устройства. Сверху на корпусе контейнера крепится оптический визир — дальномер, уровень и специальный штырь, предназначенный для установки на нем механического визира, определяющего границы стереосъемки. При помощи оптического визира-дальномера и специальной линейки измеряется база между аппаратами, тогда как в других моделях агрегатов она измеряется мерной лентой. Кроме

того, оптический визир предназначен для взаимного ориентирования в пространстве относительно базиса оптических осей камер. Установка камер на судне в горизонтальном положении осуществляется при помощи поворотного устройства, двух уровней, один из них установлен на контейнере, а другой перпендикулярно первому — на камере. Для ориентирования камер по углу последние имеют возможность поворачиваться на угол $\pm 10°$ внутри контейнера вокруг своих оптических осей.

Для поворота контейнера по азимуту на угол 360° имеются специальные поворотные устройства, установленные на невысоких штативах разъемной конструкции. На одной из сторон каждого контейнера сделана специальная светящаяся марка, изображение которой при помощи находящейся на объективе пентапризмы, впечатывается в кадр соседней камеры в центре верхней части снимка. По положению марки относительно главной вертикали снимка определяется угол расхождения или схождения осей камер. В случае установки камер на местах, которые во время сильных штормов значительно вибрируют, для обработки приходится отбирать те стереопары, на которых марка находится вблизи вертикали снимка. Перед каждой съемкой, особенно после сильных штормов, необходимо проверять взаимное ориентирование камер и при необходимости его подправлять.

Командный прибор управляет работой агрегата, кроме того он включает и выключает брызгоудаляющее устройство и контролирует всю работу агрегата. Командный прибор соединяется с контейнерами и источниками питания при помощи морского герметизированного кабеля в резиновой оболочке. Соединения кабеля с контейнерами, командным прибором и другими участками кабеля производятся при помощи герметизированных разъемов.

При съемке с судна необходимо выбирать место установки аэрофотоаппаратов с таким расчетом, чтобы при съемке был наибольший захват площади моря. Высота установки камер должна составлять более половины высоты максимальных волн, иначе на снимке могут быть пространства, скрытые за высокими гребнями близлежащих волн и поэтому не поддающиеся обработке. Высота камер должна быть примерно одинаковой, так как разность высот стояния аппаратов Δh вызывает вертикальный паралакс; Δh не должна превышать $0{,}17B$, где B — базис съемки в метрах. Аэрофотоаппараты устанавливаются на судовых надстройках, мачтах и привариваются к корпусу судна при помощи переходных площадок.

При выборе базиса съемки следует учитывать максимальное отстояние, на котором необходимо будет производить обработку стереопары. Наибольшее отстояние, при котором возможна обработка снимков с проведением горизонталей через 20 см, будет равно 1000 м, поэтому максимальный базис не должен быть более 50 м.

Установив аппараты на нужной высоте и на выбранном базисе, производят измерение высот аппаратов от ватерлинии до центра

Основные технические характеристики агрегата МСА-1

Характеристика	Камеры	
	АФА-37 МС	АФА-39 МС
Тип объектива	Орион-100	Уран-27
Фокусное расстояние, мм	100	100
Относительное отверстие объектива	1 : 6,3	1 : 1,25
Размер фотопленки перфорированной, см	19×6000	8×1900
Запас пленки в кассете, кадры	320	200
Размер кадра, см	18×18	7×8
Угол зрения объектива, °	104	54
Тип затвора	Центральный	Шторный
Выдержка, c^{-1}	50, 100, 150, 200	700, 1400, 1800
Интервал между снимками, с	2,5; 5, 10, 20	1, 2, 4, 8
Продолжительность цикла, с	Не более 2	Не более 0,8
Питание агрегата:		
напряжение, В	27±10%	
ток, А	48	
В комплект агрегата входят:	Защитное стекло, светофильтры ЖС-18, ОС-12, ОС-14, КС-14 и поляроид	
Угол между трубой дальномера и объектива, °	90±2	
Увеличение зрительной трубы дальномера	16-кратное	
Коэффициент дальномера	100	
Поворот камер, °:		
а) по азимуту	360	
б) по углу места	от 5 до 25	
в) по углу крена	10	
База фотографирования, м	от 1,5 до 50	

объектива каждого аппарата, а также и расстояния между ними с помощью стальной мерной ленты с точностью до 1 см.

Ориентировочное определение базиса съемки и высот расположения аэрофотоаппаратов можно производить по номограмме А. А. Пугина и Г. Р. Рехтзамера (рис. 13.19).

Базис съемки выбирается исходя из максимального отстояния $Y_{макс}$ в зависимости от площади водной поверхности, которую необходимо фотографировать.

Пример. Задаваясь максимальным отстоянием $Y_{макс}=580$ м по номограмме, как показано стрелками, получаем: базис $B=30$ м, высота $H=15$ м, минимальное отстояние $Y_{мин}=115$ м, глубина фотографирования $=460$ м, горизонтальный охват: $l_{макс}=870$ м, $l_{мин}=172$ м. По последним трем цифрам определяется площадь равнобочной трапеции, которая будет равна полезной площади фотографирования, т. е. $\frac{870+172}{2}\cdot 460=239660$ м$^2\approx 0{,}25$ км^2.

Производство съемки. Для получения снимков взволнованной поверхности моря хорошего качества необходимо выбирать сорт

пленки, обладающей наибольшей чувствительностью к синим и сине-зеленым цветам, т. е. цвету морской волны. Принимая во внимание пониженную освещенность во время штормовой погоды, а также плохую видимость, чувствительность пленки должна быть достаточно высокой, чтобы обеспечить уменьшение экспозиции в 2 раза при использовании светофильтров от ЖС-12 до красного.

В настоящее время выпускаются панхроматические, изопанхроматические, изохромспектрозональные и другие фотопленки. Наиболее пригодными типами пленок для производства стереофото-

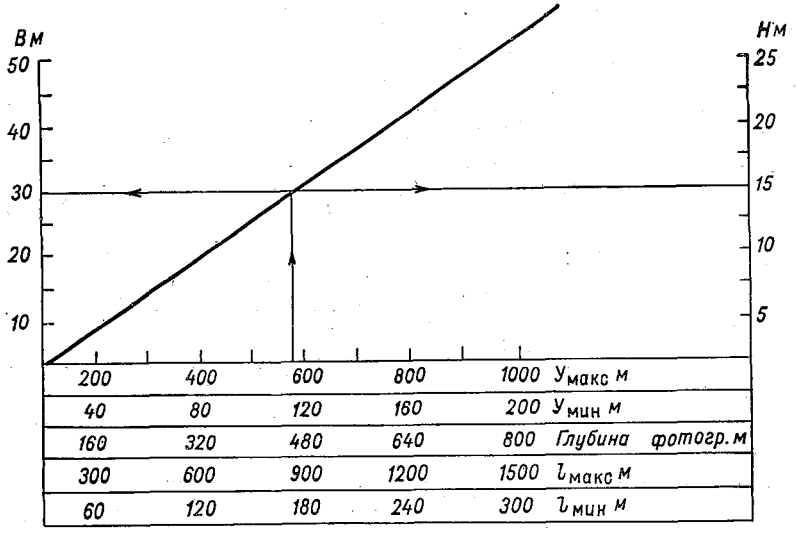


Рис. 13.19. Номограмма для определения базиса съемки и высот аэрофотоаппаратов.

B — базис съемки, H — высота фотографирования, $Y_{макс}$ — максимальное отстояние $Y_{мин}$ — минимальное отстояние, $Y_{макс}=20\ B$, $Y_{мин}=4\ B$, $Y_{макс}=\frac{H_{\lambda}}{h/2}$.

съемки волнения можно считать пленки «Панхром» тип 10-800 и 10-1000 и изопанхром тип 13, имеющие высокую чувствительность по ГОСТу соответственно 100, 1300 и 1700 ед., а также пленки на триацетатной основе панхром 15ТТ-800 и 15ТТ-1000 с чувствительностью 1000 и 1300 ед. ГОСТа. Для всех типов аэрофотоаппаратов, рекомендованных для стереофотограмметрической съемки, за исключением АФА-37, может быть использована неперфорированная пленка.

При стереофотосъемке для определения экспозиции необходимо применять экспанометры, предпочтительнее — фотоэлектрические, в том числе и применяемые в любительской съемке. Для использования обычных экспонометров необходимо вводить коэффициент на перевод чувствительности единиц ГОСТа на шкале калькулятора «чувствительность пленки». За критерий светочувствительности

пленки принята плотность почернения $Д=0,2$, в то время как для аэропленок она равна 0,85. Практически можно считать, что одна единица светочувствительности, принятая в наземной фотосъемке, соответствует трем единицам при аэрофотосъемке. Перед установкой аэрофотоаппараты должны быть тщательно проверены. В формуляре АФА должны быть записи о результатах лабораторных исследований и заключение ОТК о его пригодности к работе.

Перед съемкой:

— заряжают кассеты АФА пленкой необходимой чувствительности и устанавливают в камеры;

— заводят часы и устанавливают в аппараты;

— проверяют, нет ли защитных крышек на объективах АФА;

— в зависимости от степени видимости горизонта устанавливают необходимый светофильтр;

— рассчитывают и устанавливают искомую экспозицию;

— устанавливают скорость затвора и диафрагму;

— на командном приборе устанавливают режим работы установки.

Во время съемки:

— включают вакуумпомпы отсоса воздуха из камер;

— при наличии слабого дождя, брызг включают брызгоудаляющее устройство (МСА-1);

— включают съемку (автоматическими сериями или одиночными кадрами);

— контролируют работу затворов АФА по командному прибору;

— время от времени, особенно при условии ухудшения освещения, производят контрольное проявление проб для установления правильности выбора экспозиции;

— производят учет количества пленки в кассете.

Съемки поверхности моря производят сериями по 20—40 стереопар в зависимости от длин волн.

В момент съемки или сразу после нее производят полный объем визуальных и инструментальных наблюдений над волнением. Визуальные наблюдения производятся по [124 или 125].

При постановке специальных волновых исследований с судов главной задачей будет:

— стереофотосъемка волн;

— определение скорости и направления ветра;

— определение направления распространения волн, визуальное определение типа, формы, степени волнения и элементов волн;

— регистрация высот и периодов волн с помощью волнографов (ГМ-16, ГМ-32, ГМ-62);

— измерения температуры воздуха и температуры поверхностного слоя моря.

Специализированные наблюдения над волнением желательно проводить с 2—3 судов. Океанографические суда устанавливаются в зависимости от синоптической обстановки по длине разгона ветра или по фронту преобладающего волнения. Синхронные наблюдения

элементов волн при скорости ветра более 10 м/с проводятся ежечасно с продолжительностью регистрации не менее 20 мин. При развитии шторма и во время синхронных съемок должна производиться непрерывная регистрация элементов волн.

При специализированных наблюдениях суда по разгону расстанавливаются с таким расчетом, чтобы они могли регистрировать рост (затухание) волн по времени (неустановившееся волнение), ибо, чем меньше длина разгона ветра в данной точке, тем быстрее прекратится здесь рост волн и тем меньше будут их максимальные размеры. На участке, где рост волн прекратился, т. е. где волнение стало установившимся, размеры волн при данной скорости ветра будут определяться только длиной разгона ветра или расстоянием от подветренного берега. Там, где волнение еще не установилось, рост волн во времени будет одинаковым во всех точках и размеры волн при данной скорости ветра будут определяться только продолжительностью действия ветра. Границы между участками установившегося и неустановившегося волнения с увеличением продолжительности ветра перемещаются все дальше и дальше в сторону увеличения длины разгона ветра. Маневрирование судов для расстановки по длине разгона ветра в зависимости от стадии развития волнения и средней скорости ветра приводится в табл. 13.4. Для определения продолжительности, скорости и длины разгона ветра необходимы подробные учащенные синоптические карты—

Таблица 13.4

Скорость ветра, м/с	Стадия развития волнения	Расстояние между судами, км	Движение судов
10	0,3	25	Перемещение одного судна
	0,5	30	Одновременное расхождение судов
	0,7	80	То же
15	0,3	15	Перемещение одного судна
	0,5	30	Одновременное расхождение судов
	0,7	80	То же
20	0,3	7	„
	0,5	30	„
	0,7	110	„
25	0,3	7	„
	0,5	40	„
	0,7	70	„

кольцовки на период выполнения работ, поэтому программой работ должна быть предусмотрена организация копировки синоптических карт или приема более подробной синоптической информации, включая прием сведений от ИСЗ.

Фотолабораторные работы по проявлению фильмов производятся согласно существующим инструкциям по обработке данного сорта пленки с применением проявочных устройств или бачков. Окончательное время проявления устанавливается после пробного проявления двух-трех кадров данного фильма. Фотолабораторные работы должны выполняться согласно требованиям, изложенным в [160].

Окончательная обработка стереопар производится в лабораторных условиях на универсальном стереопланиграфе (стереокомпараторе).

Основное назначение стереопланиграфа — изготовление планов взволнованной поверхности. При решении на стереопланиграфе обратной и прямой фотограмметрических задач не требуется обязательного наличия сведений об элементах внешнего ориентирования снимков.

Конструкция стереопланиграфа основана на геометрической обратимости фотопроцесса, позволяющей путем обратного проектирования снимков стереопары воспроизвести, а затем и измерить оптическую модель снятого объекта.

В зависимости от задач, поставленных перед стереофотосъемкой волнения, окончательные результаты могут быть представлены в виде:

— планшетов рельефа взволнованной поверхности в виде горизонталей с сечением через 0,2—0,5 м;

— набора высотных точек на основных характерных точках волнового рельефа по линиям отдельных профилей;

— профилей волн с заданной степенью подробности для океанографической обработки.

Планшеты аэрофотосъемки волнения позволяют дать характеристики отдельных волн и оценить общий характер взволнованной поверхности.

13.10. Аэрофотосъемка волнения

Аэрофотосъемка морского волнения обладает рядом преимуществ по сравнению с другими методами, в том числе и судовой стереофотосъемкой. Так, например, она дает возможность почти одновременно производить более объективные наблюдения на больших площадях, в том числе в малодоступных районах, более детально получить изображение морских волн в зависимости от разгона и в районе их деформации, рефракции, интерференции и т. д. Применение повторных аэрофотосъемок в спокойное время, когда хорошо виден подводный рельеф, и при штормовом волнении дает возможность получения изменения элементов волн в зависимости от топографии дна моря, а также устанавливает более

точно зоны забурунивания, разрушения гребней при различной степени волнения и т. д.

Наиболее простым является выполнение плановой аэрофотосъемки волнения.

Плановая аэрофотосъемка позволяет определить по снимкам основные системы волн, а также их некоторые элементы — длину, скорость (период) и направление распространения. Кроме того, плановая аэрофотосъемка позволяет изучать рефракцию, дифракцию и характер деформации целых систем и отдельных волн на мелководье.

Полная характеристика всех элементов волн может быть получена с помощью стереофотосъемки с одного или двух самолетов или же путем использования системы с буксируемым базисом за самолетом.

Впервые в Советском Союзе способ стереофотосъемки морского волнения с одного самолета стал применяться Союзморниипроектом в 1954 г. (рис. 13.20).

Два аппарата, предназначенные для стереофотосъемки, устанавливались в крыльях самолета. Аппараты работают от одного командного прибора, как и в случае стереофотограмметрической съемки волнения с судна.

Недостатком метода стереофотосъемки с одного самолета типа Ли-2 является то, что база съемки недостаточно большая и для обеспечения заданной точности измерения высот волн требуется производить съемку с небольших высот в крупном масштабе и отсюда с малым количеством волн на стереопаре.

Эти недостатки устраняются при выполнении стереофотосъемки с двух самолетов. Воздушная стереофотосъемка волнения с двух самолетов впервые в СССР была осуществлена в 1956 г. лабораторией аэрометодов Государственного геологического комитета СССР.

При выполнении стереофотосъемки волнения с двух самолетов, базис съемки (расстояние между самолетами) и высота самолета определяется масштабом съемки, а работа аэрофотоаппаратов осуществляется по радио при помощи специального прибора — радиосинхронизатора.

Основные требования к материалам аэрофотосъемки волнения — это получить высококачественное фотоизображение взволнованной поверхности моря с заданной степенью подробности.

Степень подробности материалов аэрофотосъемки морского волнения в основном зависит от масштаба съемки:

— масштабы аэросъемки от 1 : 1000 до 1 : 10 000 дают представление об основных элементах волн;

— масштабы аэросъемки мельче 1 : 10 000 дают представление о характере волнения на значительных площадях.

На этих снимках можно установить наличие систем волн и их генеральное направление распространения.

С помощью материалов аэрофотосъемки могут решаться следующие задачи:

— изучение рефракции морского волнения и влияния рефракции на деформацию волн в мелководной зоне;

— изучение деформации морских волн, в том числе на подходах к побережью и гидротехническим сооружениям;

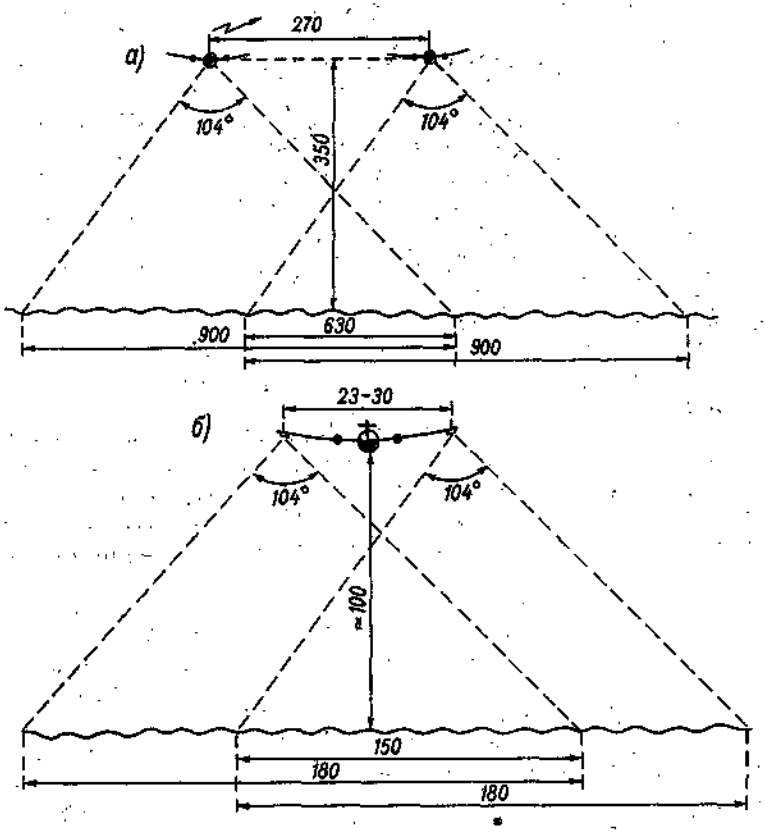


Рис. 13.20. Схема стереофотосъемки морского волнения.

а — с двух самолетов, *б* — с одного самолета.
а — масштаб съемки 1 : 5000, P_y=70%,
б — масштаб съемки 1 : 1000.

— изменение элементов волн по длине их разгона от подветренного берега;

— изменение элементов волн в областях низкого давления (циклонах) и изучение зон распространения зыби;

— изучение воздействия морского волнения на берега и гидротехнические сооружения;

— изучение воздействия морского волнения на маневренные качества судов и их технические средства;

— изучение воздействия морского волнения на взлет и посадку гидросамолетов;

— проверка существующих методов прогнозирования элементов волн на больших площадях;

— изучение преобразования ветровых волн в волны зыби в условиях открытого моря;

— определение областей разгона волн при различных барических системах и градиентах давления;

— исследование дифракции морского волнения на акватории портов и гаваней;

— воздействие масла и других активных пленок на морское волнение и, наконец, с различной степенью подробности позволяют измерять на аэрофотоснимках высоту и длину волн, длину гребней, скорость перемещения (период), основные системы волн и направление их распространения.

В Советском Союзе получили развитие в основном два вида аэрофотосъемки волнения:

— аэрофотосъемка для получения плановых характеристик волн (с одного фотоаппарата или двух аэрофотоаппаратов с различными фокусными расстояниями);

— стереофотосъемка с одного или двух самолетов для изучения кроме плановых характеристик — высоты волн.

Наиболее простая плановая аэрофотосъемка позволяет при помощи непосредственных измерений на снимке получить данные по длинам волн, длинам гребней и характеру взволнованной поверхности (двухмерное, трехмерное волнение).

Аэрофотосъемка волнения является частью общих исследований моря и должна сопровождаться кроме судовых и береговых наблюдений над элементами волн существующими методами, также сбором информации над приводным полем ветра. Маршруты полетов прокладываются так, чтобы в результате выполненных съемок можно было наиболее полно выявить характерные особенности волнения по разгонам, у берегов, островов и других сооружений, и привязать маршруты съемок к определенным береговым ориентирам, в пределах их видимости. Для определения координат места самолета при помощи береговых радиотехнических средств используются радиогеодезические и радиолокационные станции.

В связи с тем, что полеты на аэрофотосъемку штормового волнения проводятся, как правило, в сложных гидрометеорологических условиях, к экипажу самолета предъявляются повышенные требования.

Для получения качественного материала аэрофотосъемки волн большую роль играют организация работ по координированию места самолета в момент выполнения аэрофотосъемки. Обычные методы счисления пути самолета при полете над морем на большие расстояния малопригодны особенно при выполнении полета под облаками. Поэтому для определения координат местоположения самолета в момент выполнения аэросъемки над открытыми

районами моря применяются береговые радиолокационные станции и радиогеодезические системы. Если радиолокационные станции применяются в пределах прямой видимости (с высот съемки 200—400 м) до расстояний 80—100 км, то радиогеодезические системы могут применяться при удалении самолета на 300—400 км (РГДС ПОИСК).

В комплект оборудования одного самолета должно входить следующее:

— аэрофотоаппарат для работы с синхронизатором (АФА-37, АФА-39, АФА-41);
— длиннофокусный аэрофотоаппарат (АФА);
— аэрофотоустановки к АФА;
— основные и запасные кассеты к АФА;
— радиовысотометр РВТД с фоторегистратором;
— гидростабилизирующая установка для основного АФА (короткофокусного);
— электронный командный прибор ЭКП;
— радиосинхронизатор;
— дальномерное устройство;
— бортовые и оптические визиры;
— аэроэкспонометр;
— стол для прокладки.

Подробная характеристика аэрофотоаппаратов, применяемых для стереофотосъемки и плановой съемки, приводится в табл. 13.5.

Кроме того, в комплект снаряжения входят следующие принадлежности:

— ручные часы;
— секундомеры (два);
— штурманская линейка;
— параллельная линейка;
— транспортир штурманский;
— журналы метеонаблюдений;
— журнал аэрофотосъемки;
— карандаши, резинки;
— комплект навигационных морских карт.

Бортнаблюдателям, участвующим в полетах, необходимо иметь теплую и удобную для работы одежду и обувь. В комплект должны входить: меховая куртка, унты с галошами, шапка-ушанка и перчатки.

Весь комплект самолетного аэрофотосъемочного оборудования и аэронавигационных приборов, необходимых для выполнения летно-съемочных работ, устанавливаются на самолете специалистами Гражданской авиации, за исключением радиосинхронизатора, который устанавливается на самолете совместными усилиями со специалистами гидрометслужбы. Дополнительно на самолете (ведущем) устанавливается штурманский стол для прокладки места самолета, монтируются блюстера, дополнительные кресла и проводится внутрисамолетная связь.

Перед началом аэрофотосъемки в районе работ должны быть выполнены рекогносцировочные полеты с целью:

— проверки фактического наличия различных ориентиров для привязки маршрутов съемки к местности и тренировке экипажа в вождении самолетов строем фронта;

— опытной проверки работы радиосинхронизатора в полете и определения его несинхронности;

— опытной проверки работы радиогеодезической (радиодальномерной) системы.

Место базирования самолетов на период выполнения летно-съемочных работ выбирается как можно ближе к району, где проводятся исследования.

При выполнении длительных полетов над морем для аэрофотосъемки морского волнения самолет должен быть надежен в эксплуатации, так как при полетах над водной поверхностью возможность вынужденной посадки для сухопутных самолетов исключается вообще. Исключена она также в шторм и для гидросамолетов.

В настоящее время самолет Ил-14 благодаря его относительно высокой крейсерской скорости получил наиболее широкое применение в аэросъемочных работах.

Синхронную работу аэрофотоаппаратов на расстоянии обеспечивает радиосинхронизатор. Передачу команд на затворы АФА осуществляют по радио с помощью бортового радиопередатчика РСБ-5. Прием команд осуществляют самолетными приемниками типа УС-9. Для контроля работы синхронизатора используют осциллограф, например С1-5.

Радиосинхронизатор позволяет автоматически регулировать синхронность работы, благодаря электронной схеме сравнения двух импульсов от работы АФА, в которой имеется автоматически регулируемая задержка. В качестве датчиков открытия затворов АФА стоят малогабаритные фотоумножители. Синхронность регулируется относительно ведущего самолета в диапазоне 10—110 мск. Схема позволяет регулировать синхронность с ошибкой автоматического регулирования не более 3 мск. Блок-схема радиосинхронизатора приводится на рис. 13.21. Синхронность работы затворов АФА бортоператор визуально наблюдает по осциллографу С1-5.

Радиосинхронизатор ЛО ГОИНа состоит из двух блоков, устанавливаемых на ведущем и ведомом самолете в комплекте с самолетными бортовыми радиостанциями и приемниками. Вследствие использования готовых передатчиков и приемников, схема самого радиосинхронизатора упрощается.

Для осуществления контроля синхронности работы аэрофотоаппаратов ведомого самолета используется второй радиотракт РСБ, но уже с ведомого самолета на другой частоте. Радиосинхронизатор ЛО ГОИНа имеет:

а) узел командного прибора, управляющего всей стереофотограмметрической съемкой на ведущем и ведомом самолетах;

Характеристика	Для стерео	
	АФА-37	АФА-39
Объектив	Руссар-29	Уран-27
Фокусное расстояние, мм	70	100
Относительное отверстие объектива	1 : 6,8	1 : 2,5
Ирисовая диафрагма	—	Нет
Остаточная фотограмметрическая дисторсия	0,03	—
Разрешающая способность (не менее), лин/мм: в центре	30	—
на краю	5	—
Угол зрения, °: по стороне снимка	101	—
по диагонали	104	54
Затвор	Центральный	Шторный
Диапазон выдержки	1/50—1/130	1/700, 1/1400, 1/1800
Продолжительность цикла, с	3	0,8
Светофильтры: постоянный	ЖС-18	Защитное стекло
сменный	КС-14, ОС-14 нейтральный с кратностью 2, 4, 8	ЖС-18, ОС-12, ОС-14, КС-14, поляроид
Размер аэропленки, см: перфорированная	19×6000	—
неперфорированная	—	8×1900
Формат снимков, см	18×18	7×8
Емкость кассет, число снимков	300—320	200
Способ выравнивания	Отсасывание	Прижим
Рабочее напряжение, В		
Потребляемая мощность, Вт: без обогрева	225	
с обогревом	675	
Фотоустановка	Трехточечная кольцевая	Нет

Таблица 13.5

теристики аэрофотоаппаратов

фотосъемки

АФА-41			АФА-42	
Ортогон-1	МРО-2	Орион-20	Орион-1	Индустар-52
75	100	200	200	500
1 : 6,8	1 : 8,0	1 : 6,3	1 : 6,3	1 : 6,3
—	—	от 1 : 6,3 до 1 : 22	от 1 : 6,3 до 1 : 22	от 1 : 6,3 до 1 : 16
0,015	0,025	0,04	0,3	Не определено
42	45	60	35	25
7	12	20	8	12
100	84	48,5	74	355
119	104	65	92	46
Центральный			Центральный	Жалюзи
1/75—1/700; 1/60—1/500			1/75—1/500	1/150—1/1200
2				
—				
Нейтральный, ЖС-18, ОС-14, КС-14, коррегир КС-14 с оттенителем и без оттенителя				
19×6000, 19×12 000			32×6000 32×12 000	32×6000
			—	
18×18			30×30	
300 и 600			190 и 380	
Прижим				
27 ± 10%				
338			270	
675			540	
Четырехточечная ориентирующая			Четырехточечная не ориентирующая	

Характеристика	Для плановой		
Объектив	Дина-25	Руссар-29	Руссар-33
Фокусное расстояние, мм	55	70	100
Относительное отверстие объектива	1 : 8,2	1 : 9,0	1 : 9,8
Ирисовая диафрагма	—	нет	
Остаточная фотограмметрическая дисторсия	—	0,04	
Разрешающая способность (не менее), лин/мм: в центре	25	25	25
на краю	10	12	10
Угол зрения, °: по стороне снимка	117	104	84
по диагонали	133	122	104
Затвор	ЗВ-1 (МЗВ-1), ЗВМ		
Диапазон выдержки	1/40—1/120,		
Продолжительность цикла, с			
Светофильтры: постоянный	ЖС-18, ОС-12,	ОС-14	ОС-12, ОС-14
сменный	ЖС-18, ОС-14		ЖС-18, ОС-14
Размер аэропленки, см: перфорированная			
неперфорированная			
Формат снимков, см			
Емкость кассет, число снимков			
Способ выравнивания			
Рабочее напряжение, В			
Потребляемая мощность, Вт: без обогрева			
с обогревом			
Фотоустановка	Кольцевая		

съемки АФА-ТЭ				
Руссар-44	Руссар-43	Руссар-Плазмат	Тафар-3	Ортинар-13
100	140	200	350	500
1:6,8	1:6,8	1:6,3	1:6,0	1:7,0
от 1:6,3 до 1:16	от 1:6,8 до 1:16	от 1:6,3 до 1:16	нет	от 1:7,0 до 1:16
		—	0,02	—
35	36	40	35	35
15	20	25	28	25
84	85	49	29	20
103,5		65	40	28
—			Жалюзи	
1/70—1/300			1/75—1/300, 1/75—1/200	
От 1,8 до 2,3				
—				
ЖС-18, ОС-14 и КС-14 (По согласованию с изготовителями комплект светофильтров может быть изменен)				
—				
19×6000 (допускается применение перфорированной)				
18×18				
300				
Отсасывание				
(25,5—28,8) ±10%				
Средняя 25, Пиковая до 110				
трехточечная, ориентирующая				

б) схему переменной регулируемой и автоматической задержки для синхронизации работы затворов АФА;

в) временную схему сравнения работы затворов АФА;

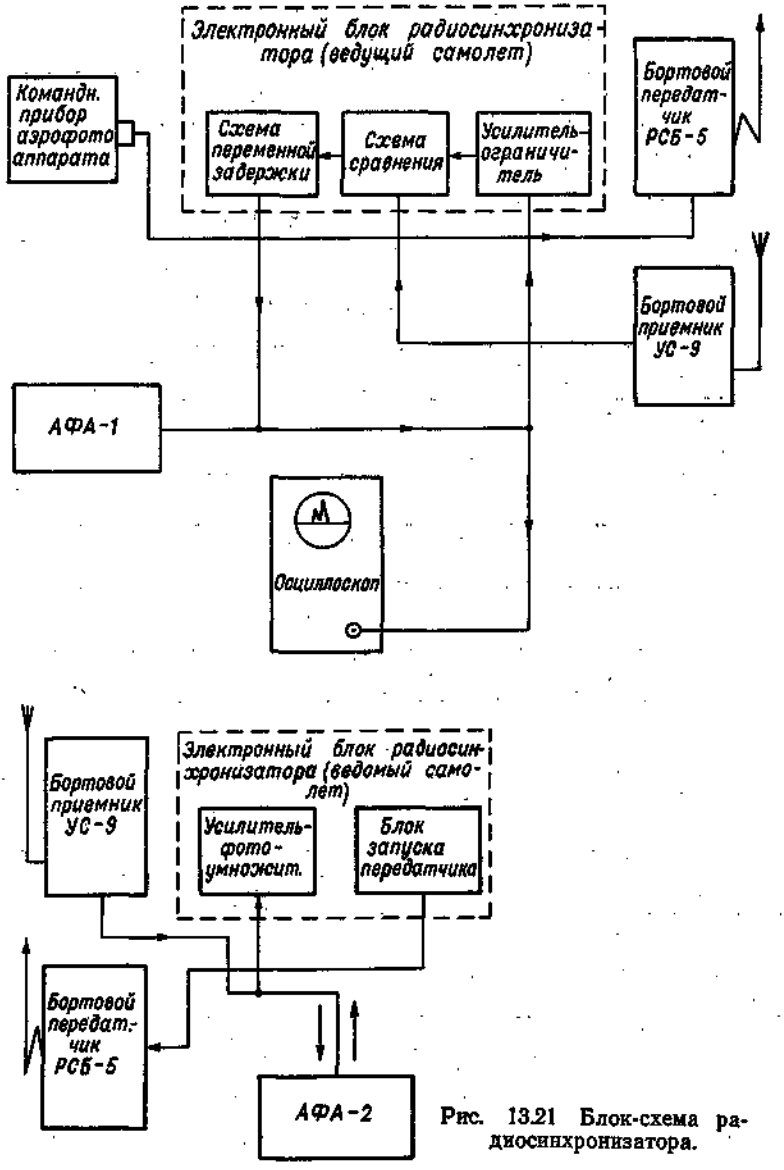


Рис. 13.21 Блок-схема радиосинхронизатора.

г) визуальный блок контроля и измерения рассинхронизации работ затворов АФА.

В синхронизаторе применено импульсное релейное регулиро

вание, что позволяет получить большую точность работы. Для ускорения вхождения в автоматическую работу системы в начальный период необходимы действия оператора, который может уменьшить время вхождения в автоматическую работу и уменьшить погрешность регулирования.

Оба блока радиосинхронизатора, находящиеся на ведущем и ведомом самолетах, собраны на типовых транзисторных схемах. Блок на ведущем самолете отличается наличием осциллоскопа и командного прибора.

Для выполнения стереофотосъемки развитого и сильного волнения, а также для захвата больших площадей моря обычно применяется стереофотосъемка волн с двух самолетов (рис. 13.20 *а*).

В виду того, что аэрофотосъемка выполняется при полете пары самолетов на довольно близких расстояниях (140—160 м) предъявляются высокие требования к обеспечению необходимого полетного строя самолетов и удержания между машинами заданного расстояния (базис съемки) при выполнении полетов в сложных гидрометеорологических условиях.

При монтаже аэрофотоаппаратов в фотолюке самолета, необходимо чтобы ось YY аэрофотоустановки была параллельна продольной оси самолета, а отверстие фотолюка не блендировало изображение при аэрофотосъемке. Аэрофотоустановка используется для крепления АФА и уменьшения вибрацией от винтомоторной группы, а также служит для выравнивания АФА по вертикали в пределах угла $\pm 10°$ и поворота для внесения поправки на угол сноса до $\pm 15°$.

Для выравнивания аэрофотоаппарата по вертикали в полете служит специальная ручка наклона камеры АФА-37 с кнопкой; камера разблокирует зубчатое муфтовое соединение путем нажима на кнопку рукоятки наклона, связанную электрически с двумя блокировочными магнитами.

При аэрофотосъемке волнения с двух самолетов в зависимости от масштаба съемки должен выдерживаться определенный базис (расстояние между АФА). Базис выбирается с таким расчетом, чтобы получить определенное стереоскопическое перекрытие снимков для обеспечения необходимой точности измерения волн. Обычно поперечное перекрытие рассчитывается как для продольного перекрытия.

Поперечное перекрытие P_Y задается в процентах к размеру аэроснимка, перпендикулярному к направлению съемочных маршрутов, т. е. к поперечной стороне аэроснимка l_Y, принимаемой за 100%.

Для обеспечения заданного поперечного перекрытия аэроснимков самолеты должны производить съемку на определенной высоте по параллельным направлениям маршрутов на определенном расстоянии B_Y друг от друга (база съемки).

Вместе с тем при выполнении съемки необходимо обеспечить наименьший масштаб при требуемой точности стереоизмерений в процессе камеральной обработки материалов, т. е. должна

выполняться расчетная точность стереоизмерений, пропорциональная масштабу съемки $\frac{1}{m}=\frac{f_K}{H}$ и отношению базиса съемки B_Y к высоте фотографирования H, f_K — фокусное расстояние. Базис съемки выбирается из расчета, чтобы получить 65—70% перекрытия стереопар, что обеспечивает наиболее точное измерение высот волн.

Так, например, при масштабе съемки 1 : 5000 базис съемки выдерживается равным 315 м.

Более подробные сведения о базисе при съемке с двух самолетов в зависимости от масштаба и высоты полета приводятся в табл. 13.6.

Таблица 13.6

Масштаб	АФА-37			АФА-41		
	H м	B м	Размеры площади, м²	H м	B м	Размеры площади, м²
1 : 2 000	140	126	234 × 360	200	126	234 × 360
1 : 3 000	210	190	350 × 540	300	190	350 × 540
1 : 4 000	280	250	468 × 720	400	250	468 × 720
1 : 5 000	350	315	585 × 900	500	315	585 × 900
1 : 6 000	420	375	700 × 1080	600	375	700 × 1080
1 : 7 000	490	440	820 × 1250	700	440	820 × 1250
1 : 8 000	560	500	935 × 1440	800	500	935 × 1440
1 : 9 000	630	566	1050 × 1620	900	566	1050 × 1620
1 : 10 000	700	630	1170 × 1800	1000	630	1170 × 1800
1 : 15 000	1050	945	1755 × 2700	1500	945	1755 × 2700
1 : 20 000	1400	1260	2340 × 3600	2000	1260	2340 × 3600
1 : 25 000	1750	1570	2920 × 4500	2500	1570	2920 × 4500

Для получения больших площадей, особенно необходимых при сильном волнении, поперечное перекрытие можно увеличить с 65 до 70—80% и даже до 90% за счет снижения точности определения высот волн. Так например, при нормальном перекрытии 65% и масштабе съемки 1 : 5000 площадь стереосъемки составляет 585×900=526 500 м²; при перекрытии 80% площадь съемки 720×900=648 000 м². Таким образом, не меняя высоты фотографирования при том же масштабе съемки мы увеличим снятую площадь за счет уменьшения базиса съемки на 12 га, т. е. на 23%.

Ошибки в определении высот волн в зависимости от увеличения поперечного перекрытия в пределах масштабов 1 : 2000, 1 : 5000 меняются незначительно и находятся в пределах допустимых точностей обработки. Однако с уменьшением масштаба съемки до 1 : 10 000 и мельче ошибки резко возрастают и достигают 0,7—1 м и больше.

При выполнении стереофотосъемки с одного самолета даже уменьшение масштаба мельче 1 : 2000—1 : 3000 приводит к резкому возрастанию ошибки.

Более подробные сведения об изменении ошибок в измерениях высот волн при увеличении перекрытия и изменении масштаба, приводятся на рис. 13.22.

Масштаб съемки и поперечное перекрытие выбираются на месте руководителем работ в зависимости от высоты нижней границы облачности, размеров волн на поверхности моря и необходимых точностей при обработке материалов.

При аэрофотосъемке волнения с двух самолетов в облачную погоду рекомендуется выбирать строй фронта. В малооблачную и безоблачную погоду строй самолетов выбирается исходя из

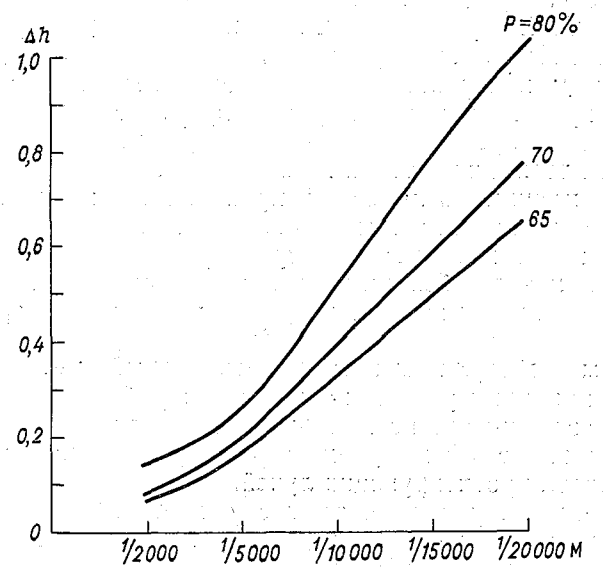


Рис. 13.22. Ошибки в измерении высот волн Δh в зависимости от перекрытия p и масштаба съемки М.

освещенности небосвода в районе съемок, где основным критерием является получение изображения идентичных волн на стереопаре.

Основное требование к аэрофильму — получить равномерность проявления и высокий контраст. Для получения такого фильма фотолаборатория должна быть оснащена проявочными приборами, обеспечивающими равномерность проявления фильма по длине и ширине. К числу таких приборов можно отнести: проявочную машину, приборы с коррексами и приборы с улитками (спиралями).

Для выбора оптимального времени проявления используются пробные кадры, которые экспонируются в процессе съемки в начале или конце фильма, а иногда, в случае больших изменений освещенности, и с его обоих концов.

Проявление пробных кадров выполняется в различное время в том же проявителе, в котором будет обрабатываться весь фильм и при той же температуре растворов.

После проявления пробных кадров, проявляется весь фильм. Время проявления фильма задается таким, при котором был получен лучший пробный кадр.

Для определения размеров элементов волн по материалам аэрофотосъемки можно применять как метод дифференцированных процессов, так и универсальный метод с использованием универсальных приборов первого класса точности. Основным прибором дифференцированных процессов является топографический стереометр Ф. В. Дробышева (СТД-1 и СТД-2 — усовершенствованная модель). Наиболее широкое применение в производстве имеет СТД-2. Путем измерения разностей продольных параллаксов он позволяет производить рисовку рельефа взволнованной морской поверхности и определять координаты (превышения над условной выбранной плоскостью) точек по профилям.

Рисовка планшетов на СТД-2 производится на контактных отпечатках, наклеенных на стекло, размером 18×18 см.

В отличие от методов дифференцированных процессов, универсальный метод обслуживается приборами, при помощи которых можно выполнять все операции по созданию графического плана.

Приборы, обслуживающие универсальный метод, распределяются по принципу работы на два типа: работающие в процессе обработки аэроснимков по принципу воссоздания связи лучей, подобной существующей в момент аэрофотосъемки и с нарушением подобия связок проектирующих лучей.

К первому типу относятся все стереопланиграфы: СПВ-0-4, С-5 и др.; ко второму — стереопроектор Романовского, стереограф Дробышева, стереометрограф и др.

Наиболее высокоточный универсальный прибор — стереометрограф позволяет обрабатывать снимки плановой аэрофотосъемки графически и аналитически.

При помощи электромеханического устройства «координиметр» на стереометрографе возможна автоматическая регистрация координат точек модели, перечисление их в геодезическую систему координат, плоскостных и объемных определений, а также для вычисления элементов взаимного и внешнего ориентирования стереопар.

Главным недостатком стереофотосъемки волнения, как и общим недостатком самой аэрофотосъемки, является сложность и трудоемкость обработки материалов-стереопар.

В зависимости от задач, поставленных перед стереофотосъемкой волнения окончательные результаты могут быть представлены в виде:

— планшетов волнения с рельефом в виде горизонталей с сечением через 0,5 м (на стереометре СТД-2); 20-25 см на СД-1, СПР-2 и др.;

— набора основных характерных высотных точек волнового рельефа по линиям отдельных профилей;

— вычерченных профилей волн с заданной степенью подробности для океанографической обработки.

Планшеты аэрофотосъемки волнения позволяют дать размеры отдельных волн и оценить общий характер взволнованной поверхности.

Вследствие того что внешний вид взволнованной поверхности очень сложен и хаотичен, главное внимание при океанографической обработке уделяется дешифрованию гребней и ложбин волн. Поэтому, прежде чем подвергнуть анализу каждую волну в отдельности, необходимо выделить их на планшете аэрофотосъемки. При трехмерном волнении за волну принимается гребень, отграниченный наименьшими высотными отметками от других гребней (по линии подошв волн). Обычно определение отдельных волн на планшетах аэрофотосъемки не представляет особых затруднений. Метод разграничения морских волн позволяет достаточно объективно выявить форму каждой волны в плане, ее протяженность и другие характеристики.

Аэрофотосъемка позволяет получить исходные материалы по волнению для решения одномерного и двумерного спектров энергии морских волн. Если для решения одномерного спектра каждая серия волн должна состоять из 120—150 волн, то для двухмерной задачи необходимо, чтобы полезная площадь захватывала квадратный участок в пределах которого по каждому профилю, ориентированному вдоль и поперек линии разгона, будет снято 120—150 волн, что можно получить только при аэрофотосъемке. Как известно, методы статистической обработки морского волнения требуют непрерывной регистрации 100 волн и более. Таким образом, для того, чтобы получить достаточную характеристику изменчивости сильного морского волнения с длинами волн порядка 100 м (при размере кадра 18×18 см) в масштабе 1 : 5000 необходимо 10 снимков. Судовые перспективные снимки по количественной оценке волнения по стереопаре значительно отстают в этом отношении. Обработка аэростереоснимков по сравнению с обработкой перспективных судовых снимков проще, дешевле и может производиться на широко распространенных стереофотограмметрических приборах.

Глава 14. ИЗМЕРЕНИЕ ОПТИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК МОРСКОЙ ВОДЫ И СВЕТОВОГО ПОЛЯ В МОРЕ

Измерение оптических характеристик вод морей и океанов имеет существенное значение в общем комплексе океанографических исследований. Оптические свойства вод — их прозрачность в различных частях спектра, показатели рассеяния, поглощения и их соотношение определяют световой режим на глубинах,

который в свою очередь, играет существенную роль в протекании процессов фотосинтеза органического вещества. Последние же являются основой всей биологической продукции океана.

С другой стороны, оптические свойства вод могут служить чувствительным индикатором наличия и распределения планктона, концентрации биомассы, биологической продуктивности вод. Оптические характеристики вод часто оказываются весьма полезными для решения ряда задач гидрологии, динамики вод, процессов образования и переноса осадков. В некоторых случаях они дают возможность обнаружить и проследить более детальную картину распределения и движения вод, чем это позволяют сделать классические методы океанографии. В настоящее время оптические исследования океана разрослись настолько, что образовалась новая отрасль океанографии — оптическая океанография [40]. Одной из причин такого развития морских оптических исследований являются возросшие запросы практики, связанные с освоением человеком морских глубин, с задачами подводной фотографии и телевидения, подводного наблюдения и др. До недавнего времени изучение оптических свойств морских вод сводилось почти исключительно к определению глубины исчезновения видимости белого диска-прозрачномера и оценке цвета воды по шкале цветности. При одном своем достоинстве — большой простоте — эти методы имеют слишком много недостатков и совершенно не могут удовлетворить современным требованиям, предъявляемым к научным исследованиям. Они дают лишь качественную оценку оптических свойств поверхностного слоя воды, но не имеют однозначной связи с какими-либо оптическими характеристиками вод и поэтому не могут быть использованы для их количественного определения. Тем более они не дают возможности судить о распределении оптических свойств в толще вод.

Для изучения оптических свойств морских вод существует два метода: непосредственные измерения на разных глубинах «in situ», с помощью погружаемых приборов, или забор проб воды с последующим измерением их оптических характеристик в судовой лаборатории. Измерения подводной облученности или распределения яркости естественного света в море, разумеется, могут производиться только непосредственно в толще воды погружаемыми приборами.

Основными трудностями использования погружаемых приборов являются обеспечение достаточной прочности и герметичности прибора, а также ограничение глубины погружения длиной кабеля. Однако использование методов телеметрии дает возможность существенно сократить число жил кабеля, что позволяет применять для опускания приборов кабель-тросы достаточной длины. Возможно также использование для передачи информации гидроакустического канала связи или автономной записи показаний в самом приборе.

Измерения путем забора проб воды батометрами могут производиться до любых глубин. Но при извлечении проб на поверх

ность оптические свойства воды могут значительно меняться из-за существенного изменения окружающих физических условий (давление, температура, уровень освещенности и т. п.). Кроме того, поскольку пробы забираются с дискретных горизонтов, в отдельные моменты времени, этот метод не может обеспечить детального изучения распределения исследуемой характеристики и ее изменений в пространстве и во времени.

Таким образом эти два метода не исключают, но взаимно дополняют друг друга и должны применяться совместно. Ниже описываются в основном измерения непосредственными методами, так как взятие проб и измерения в лабораторных условиях не имеют какой-либо особой специфики. Единственно на что следует обратить внимание — на особую чистоту условий сбора и хранения воды, исключающую возможность попадания загрязнений. Для забора пробы необходимо пользоваться только пластмассовыми батометрами.

14.1. Определение относительной прозрачности и цвета морской воды

Устройство белого диска ДБ. Белый диск *1* представляет собой металлический диск (рис. 14.1) диаметром 300 мм и толщиной 5 мм, выкрашенный цинковыми белилами или белой матовой эмалевой краской. В центре диска имеется отверстие, через которое пропущена латунная трубка *3* длиной 155 мм, служащая для крепления диска к линю и придания ему горизонтального положения. Для обеспечения вертикальности линя в воде снизу под диском на той же трубке укреплен металлический груз *4*, отделенный (во избежание ржавления) от диска резиновой прокладкой. Через трубку пропускается линь *2*, который под грузом завязывается узлом *5* и крепится специальным болтиком. Хранится диск в деревянном ящике-футляре.

Опускать диск можно или на специально размеченном лине или на тросе гидрологической лебедки. Линь, служащий для опускания диска в воду должен мало менять свою длину от нагрузки и смачивания водой. Этим условиям удовлетворяет, например, пеньковый трос, предварительно вымоченный в пресной воде и высушенный под нагрузкой. В качестве линя может быть использован кабель или провод в толстой резиновой оболочке, которые менее подвержены вытягиванию.

Линь или провод размечается при помощи особых марок, начиная от поверхности диска, на метры и дециметры, на протяжении 20—50 м, в соответствии с максимальной предполагаемой глубиной видимости диска в районе наблюдений.

При работе с океанографической лебедки предварительно через латунную трубку *3* пропускают отрезок троса, на концах которого делают огоны с коушами. К верхнему огону прикрепляют скобой (чекелем) конец троса океанографической лебедки,

пропущенный через блок-счетчик, а к нижнему — концевой груз от батометров, массой 20—50 кг.

Для большего удобства работы, чтобы не снимать каждый раз груз с троса лебедки, конструкция диска была несколько видоизменена. В диске и его грузе сделан радиальный вырез *8* (см. рис. 14.1) от центра до края. Латунная трубка снята и вместо нее на диске укреплен винтами посыльный груз *7* от батометра. Для сохранения отражающих свойств диска груз также окрашен в белый цвет.

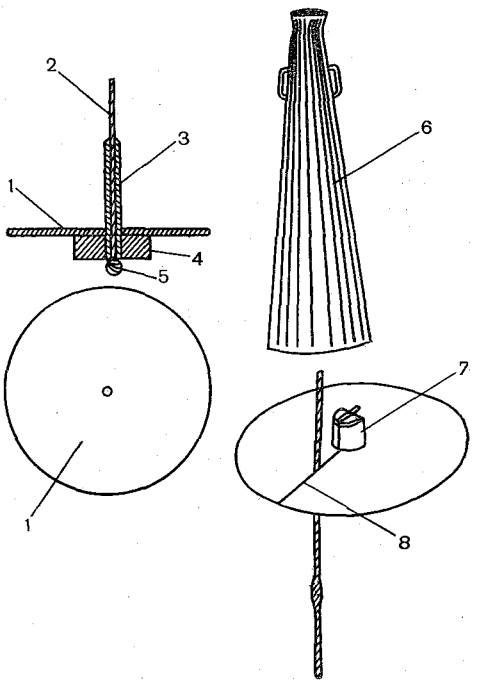


Рис. 14.1. Диск белый для определения прозрачности воды.

1 — диск, *2* — трос, *3* — латунная трубка, *4* — груз, *5* — узел, *6* — труба, *7* — грузик, *8* — прорезь.

Диск надевается на трос и закрепляется поворотом головки груза *7*. Для предотвращения сползания диска в нескольких метрах выше концевого груза на трос надевается марка, которая входит в отверстие груза и не позволяет диску опуститься ниже.

Текущая проверка диска состоит в проверке перпендикулярности трубки (или посыльного груза) относительно диска, в осмотре его окраски, которая должна быть ярко-белой, без желтых пятен и царапин, и в проверке правильности разметки линя (при пользовании последним). Проверка должна производиться перед каждым рейсом.

Устройство шкалы цветности ШЦВ. Для определения цвета поверхностного слоя моря служит шкала цветности (рис. 14.2), состоящая из набора 22 стеклянных запаянных пробирок, содержащих цветные растворы с постепенным переходом от темно-синего (типичный цвет океанской воды) до коричневого цвета (болотная вода). Пробирки (трубки) вставлены в две деревянные рамки, которые помещаются в специальную оправу. Левая рамка содержит пробирки с номерами от 1 до 11 включительно, а правая — от 11 до 21 включительно (№ 11 повторяется). Номера пробирок соответствуют следующим цветам воды: 1 и 2 — синему, 3 и 4 — голубому, 5 и 6 — зеленовато-голубому, 7 и 8 — голубовато-зеленому, 9 и 10 — зеленому, 11 и 12 — желтовато-зеленому, 13 и 14 — зеленовато-желтому, 15 и 16 — желтому, 17 и 18 — коричневато-желтому, 19 и 20 — желтовато-коричневому, 21 — корич-

невому. Вследствие плавного перехода цветов шкалы от одного оттенка к другому почти всем указанным цветовым оттенкам соответствует два номера пробирок шкалы, отличающиеся между собой большей или меньшей интенсивностью данного цвета.

Шкалу следует хранить в темном, сухом и прохладном месте, так как цветные растворы не отличаются большой устойчивостью и с течением времени обесцвечиваются. В особенности нестойки коричневые оттенки: они начинают бледнеть, приобретают грязно-зеленый цвет и на стенки трубочек выпадают мелкие кристаллы. Поэтому необходимо сравнивать рабочую шкалу с контрольной не реже одного раза в 6 месяцев. Шкала снабжается свидетельством, в котором указывается время поверки. Срок годности шкалы — 2 года со дня выдачи поверочного свидетельства.

Производство наблюдений за прозрачностью. Наблюдения за прозрачностью воды с помощью белого диска производят

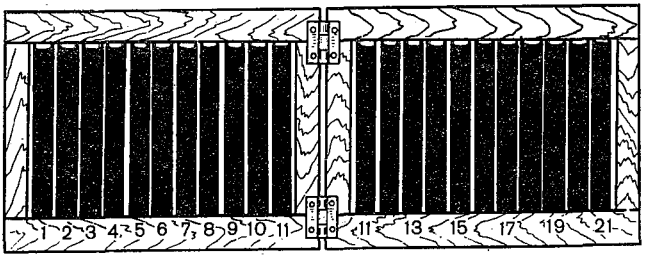


Рис. 14.2. Шкала цветности воды.

с теневого борта судна, чтобы избежать попадания в глаз наблюдателя лучей солнечного света, отраженных водной поверхностью. Сам диск при этом должен быть освещен прямыми лучами солнца.

При наблюдениях с помощью диска, присоединенного к тросу лебедки, прозрачность определяется следующим образом: диск вместе с концевым грузом вываливают за борт и опускают до тех пор, пока диск не коснется поверхности воды. При этом устанавливают стрелки блок-счетчика на «нуль». Затем диск медленно опускают в воду и на пределе видимости, попеременно опуская и поднимая диск, определяют по блок-счетчику глубину, на которой он перестает быть видным. Наблюдения повторяются несколько раз, при этом следует убедиться, что последовательные определения не отличаются значительно одно от другого. Берут среднее из всех определений, которое и принимают за относительную прозрачность моря. Эту величину записывают в книжку для записи наблюдений.

При наблюдениях с помощью диска, прикрепленного к линю или проводу, глубину исчезновения видимости определяют по маркам линя (провода), аналогично тому, как описано выше. Если при работе с высокобортного судна трудно заметить последнюю

марку, погруженную в воду, то можно замечать последнюю марку у планширя борта и вычитать из этой длины расстояние от планширя до поверхности моря.

При работе с низкобортного судна или со шлюпки, наблюдения за диском рекомендуется производить через специальную трубу *6* (рис. 14.1) имеющую форму рупора, которая позволяет устранить влияние на глаз наблюдателя света, отраженного поверхностью воды. Труба внутри зачернена и имеет длину не менее 60—70 см. Диаметр нижнего конца 15—20 см, верхнего — 3—5 см. При наблюдениях она погружается нижним концом в воду. При работе с высокобортного судна, когда невозможно использовать такую трубу, для уменьшения слепящего действия солнечных бликов от поверхности воды, можно рекомендовать пользоваться поляроидными очками, которые не пропускают поляризованную составляющую света, отраженного поверхностью воды. Чтобы найти правильную ориентацию поляроидов в очках, нужно, надев очки, вращать поляроиды до максимального уменьшения яркости солнечных бликов.

При наблюдениях на мелководье, чтобы исключить влияние окраски дна моря, полезно под белый диск, непосредственно вплотную к нему, подвесить диск черного цвета диаметром 50 см.

Для сравнимости материалов наблюдения за прозрачностью воды следует производить всегда только одним способом, пользуясь всегда или трубкой, или очками, или без них, с теневого борта судна.

В случае если необходимо определять относительную прозрачность вод моря в различных участках видимого спектра, наблюдения за белым диском должны производиться через специальные цветные очки, в которые вставлены светофильтры с известными кривыми спектральной прозрачности. Желательно, чтобы набор цветных очков состоял не менее чем из четырех пар со светофильтрами, пропускающими эффективные длины волн около 420, 480, 550 и 650 нм. При этом коэффициент пропускания различных стекол должен быть примерно одинаковым. Оправа очков должна защищать глаза наблюдателя от попадания постороннего света. При смене очков необходимо некоторое время для адаптации глаз.

Производство наблюдений за цветом воды. Наблюдения за цветом воды с помощью шкалы ШЦВ производятся на фоне белого диска, погруженного в море на глубину, примерно равную половине глубины видимости диска. Под пробирки шкалы подкладывают лист белой бумаги и сравнивают цвет воды на фоне диска с цветом жидкости в пробирках на фоне белой бумаги. Найденный цвет воды обозначается в книжке наблюдений номером соответствующей пробирки. Если цвет воды одинаково подходит к двум смежным цветам пробирок или находится между ними, то ставят номера обеих пробирок, соединяя их знаком тире.

Может быть применен и другой способ пользования шкалой цветности: рамку с пробирками вынимают из футляра и опреде-

ляют цвет на просвет, на фоне белого диска, погруженного на ту же глубину, как и при первом способе.

При отсутствии диска цвет воды можно определять, положив под трубочки черную бумагу. На небольших глубинах этот способ менее надежен, так как естественный цвет воды искажается окраской грунта, цвет которого может отличаться от цвета черной бумаги. На ходу судна цвет лучше всего определять на просвет, на фоне волны, образующейся у скулы судна, со стороны, обращенной к борту.

При определении цвета моря самое важное, как и при определении относительной прозрачности — сохранить условие, обязательное для всякого визуального или полуинструментального наблюдения; а именно — все наблюдения должны всегда выполняться одним и тем же способом — либо на белом фоне сравнением с цветом воды над диском, либо на просвет с откинутой рамкой. Во время наблюдения глаза наблюдателя должны быть полностью защищены от действия прямого и отраженного солнечного света, а шкала обязательно должна быть помещена в тени.

14.2. Измерение прозрачности воды в море с помощью прозрачномера

Для измерения прозрачности или, точнее говоря, спектрального показателя ослабления направленного света[1] непосредственно в море применяются погружаемые фотометры-прозрачномеры, опускаемые с борта судна на кабеле, кабель-тросе или тросе. Существует значительное количество модификаций этих приборов, однако принцип действия их и методика работы с ними почти одинаковы. Ниже приведено описание одной из наиболее хорошо зарекомендовавших себя моделей — логарифмического фотометра-прозрачномера ЛФП [101, 130].

Устройство прибора. Прибор ЛФП позволяет измерять показатель ослабления направленного света в 6 спектральных участках

---

[1] Между прозрачностью θ, коэффициентом пропускания T и показателем ослабления направленного света ε существуют следующие соотношения. Коэффициентом пропускания слоя морской воды T называется отношение потока излучения Φ, прошедшего без изменения направления сквозь данный слой, к потоку Φ_0, входящему в этот слой $T=\Phi/\Phi_0$. Прозрачностью θ морской воды называется коэффициент пропускания, отнесенный к однородному слою толщиной в 1 м. Прозрачность θ выражается обычно в процентах на 1 м. Прозрачность связана с показателем ослабления направленного света ε, соотношением $\varepsilon=-\lg_{10}\theta$. Показатель ослабления численно равен величине, обратной расстоянию, на котором поток параллельного пучка излучения ослабляется в 10 раз. Это расстояние иногда называют длиной ослабления света в море. Показатель ослабления света выражается в обратных метрах (1/м). Показатель ослабления направленного света ε является суммой показателей поглощения $\varkappa$ и рассеяния σ, т. е. $\varepsilon=\varkappa+\sigma$. Если все перечисленные величины относятся к монохроматическому излучению с длиной волны λ, то они называются соответственно спектральными показателями ослабления, поглощения и рассеяния, а также спектральным коэффициентом пропускания и прозрачностью, что обозначается значком λ при соответствующей букве (например, ε_λ, θ_λ и т. п.).

видимой и близкой ультрафиолетовой области спектра до глубин 2000 м в диапазоне от 0,05 до 0,5 1/м с точностью 1—2%. Прибор состоит из погружаемого датчика и бортового устройства, содержащего пульт управления и регистрирующее устройство. Погружаемая часть опускается с борта судна с помощью кабель-тросовой лебедки (типа ЛК-2 или др.) на трехжильном кабель-тросе. Питание прибора осуществляется от переменного тока 220 В 50 Гц. Потребляемая мощность около 150 Вт.

В приборе применена двухлучевая фотометрическая схема с одним приемником радиации, поочередно освещаемым двумя пучками света. В качестве приемника радиации в приборе исполь-

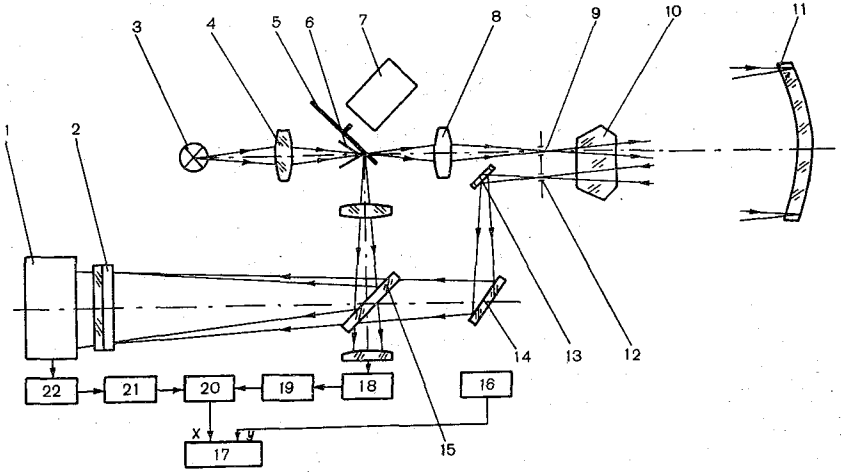


Рис. 14.3. Оптическая схема и блок-схема логарифмического прозрачномера ЛФП.

1 — приемник света, *2* — светофильтр, *3* — источник света, *4* — конденсор, *5* — диафрагма, *6* — модулятор, *7* — мотор, *8* — линза, *9* — выходная диафрагма, *10* — иллюминатор, *11* — зеркало сферическое, *12* — входная диафрагма, *13, 14* — плоские зеркала, *15* — прозрачная пластина, *16* — датчик давления, *17* — самописец, *18* — фототриод, *19, 21* — усилители, *20* — детектор, *22* — логарифмирующий элемент.

зуется фотоэлектронный умножитель типа ФЭУ, работающий в линейном режиме световой характеристики.

Рассмотрим вкратце устройство и принцип работы прибора. В подводной части находится источник света *3* — лампа накаливания (СЦ-75) (рис. 14.3), свет от которой с помощью конденсора *4* фокусируется на диафрагме *5*. Непосредственно за диафрагмой находится модулятор *6* — зеркальный диск с вырезами, вращающийся с помощью мотора *7*. Модулятор поочередно посылает свет то в измерительный тракт, то в тракт сравнения. В первом случае световой поток линзой *8* фокусируется на выходной диафрагме *9* и проходит через плоскопараллельный иллюминатор *10* в исследуемую воду. После отражения от сферического зеркала *11* световой поток фокусируется на входной диафрагме *12* и после отражения от плоских зеркал *13* и *14* поступает на

приемник света *1*. Путь лучей света в воде равен двум метрам. Во втором случае световой поток, отразившись от прозрачной пластинки *15*, попадает непосредственно на приемник *1*. Часть потока, прошедшая через полупрозрачную пластинку, используется для освещения вспомогательного приемника *18* — фототриода ФТ-1. Перед фотоумножителем расположен светофильтр *2*, выделяющий необходимый спектральный участок. Светофильтр может автоматически сменяться по команде с пульта управления. Описанная оптическая схема обеспечивает попеременное освещение приемника радиации потоками монохроматического света непосредственно от источника Φ_0 и прошедшим сквозь слой исследуемой среды Φ. Поскольку ФЭУ работает в линейном режиме, на выходе возникают фототоки I_0 и I, пропорциональные световым потокам Φ_0 и Φ. В качестве нагрузки ФЭУ используется логарифмирующий элемент *22* диод, что позволяет получить на выходе схемы напряжения, пропорциональные $\lg I$ и $\lg I_0$. Тогда переменная составляющая напряжения оказывается равной разности напряжений, возникающих от опорного и измерительного световых потоков, т. е. разности $\lg I - \lg I_0$ или $\lg \frac{I}{I_0}$. Последняя величина пропорциональна $\lg \Phi/\Phi_0$, т. е. искомой величине ε. Переменное напряжение усиливается усилителем *21* и затем выпрямляется синхронным детектором *20*. Управляющее напряжение для синхронного детектора вырабатывается фототриодом *18*, освещаемым прерывистым светом, прошедшим через тот же модулятор, что исключает необходимость точной стабилизации числа оборотов мотора модулятора. Напряжение с фототриода усиливается усилителем *19*. Таким образом, на выходе схемы подводной части прибора получается постоянное напряжение, которое пропорционально искомому показателю ослабления света ε. Это напряжение по кабелю передается для регистрации в бортовое устройство.

Схема нечувствительна к изменениям интенсивности источника света, чувствительности фотоприемника или коэффициента усиления усилительного тракта, так как они одновременно пропорционально изменяют сигнал от обоих световых пучков и, следовательно, отношение их остается постоянным, не зависящим от нестабильности указанных характеристик. Прибор нечувствителен к засветке дневным светом, что позволяет проводить измерения как в темное, так и в светлое время суток.

В погружаемой части прибора установлен электрический датчик давления *16*, служащий для измерения глубины погружения прибора. Напряжение, снимаемое с датчика давления, также передается по кабелю на борт судна.

Для регистрации результатов измерений используется двухкоординатный самописец типа ПДС-021 *17*. Напряжение с фотометра подается на ось *X* самописца, а с датчика давления *16* — на ось *Y*. В результате этого при непрерывном погружении прибора перо самописца вычерчивает непосредственно график

вертикального распределения показателя ослабления света. Такая запись позволяет сразу же, без какой-либо дополнительной обработки, оперативно использовать полученные результаты на борту судна. Она дает возможность детально проследить тонкую структуру распределения прозрачности по глубине, независимо от угла наклона троса. Благодаря малой инерционности прибора спуск и подъем прибора можно производить достаточно быстро, что сокращает время, потребное для измерений. Достоинством прибора является также то, что градуировочные характеристики прибора для различных цветных светофильтров совпадают, несколько смещается только «нуль» отсчета. Для совмещения «нулей» для всех светофильтров в пульте управления предусмотрена специальная схема компенсации. При смене светофильтров переключателем вводится соответствующее «обнуляющее» напряжение. Смена светофильтров осуществляется нажатием кнопки на пульте управления. Для индикации номера светофильтра, стоящего перед ФЭУ, на оси револьверного диска со светофильтрами установлен круговой потенциометр. Напряжение с этого потенциометра подается на стрелочный указатель, установленный на пульте. В пульте управления находится стабилизированный выпрямитель и преобразователь питания подводной части прибора. Конструктивно пульт представляет собой плоский ящик размером 460×460×160 мм, служащий одновременно подставкой для самописца ПДС-021.

Работа с прибором. Для приведения прибора в действие необходимо погружаемый датчик подсоединить к кабель-тросу (марки КТБ-3 или др.) с помощью специального герметичного силового разъема в верхней части прибора. Съемная часть разъема заранее герметично заделывается на кабель-тросе напостоянно. Кабель-трос должен быть намотан на кабельную лебедку типа ЛК-2 или другую с токосъемником, имеющим не менее 4 контактных колец. Бортовое устройство соединяется с токосъемником лебедки 4-жильным экранированным кабелем любой марки. Пульт управления подключается к сети переменного тока 220 В 50 Гц, желательно через разделительный трансформатор.

Перед началом работы прибор включается в действие тумблером «Вкл» на пульте управления и после его прогрева в течение 5—10 мин производится его проверка. Перед проверкой необходимо убедиться в чистоте оптических поверхностей иллюминатора и сферического зеркала и при необходимости промыть их гигроскопической ватой, смоченной в спирто-эфирной смеси и протереть сухой ватой. Проверяется положение «нуля» прибора на воздухе на различных светофильтрах и при необходимости корректируется установочными рукоятками оси *X* самописца ПДС-021. Одновременно устанавливается нуль датчика глубины с помощью установочной рукоятки оси *Y* самописца. Перо самописца должно быть при этом в левом верхнем углу поля. Проверяется также работоспособность прибора путем перекрытия рукой светового пучка измерительной базы.

После проверки в самописец закладывается бланк для записи, на котором делаются соответствующие записи о дате и времени начала измерения, координатах места или номер станции, номере светофильтра, масштабе шкал самописца и др. Затем с пульта устанавливается необходимый светофильтр в подводной части, ставится в соответствующее положение переключатель обнуления и включается запись. После этого прибор выносится за борт и начинается его спуск. Спуск желательно производить на постоянной скорости (не более 2 м/с). По достижении максимальной глубины лебедка останавливается, запись выключается, сменяется бланк на самописце, переключается следующий светофильтр и устанавливается в соответствующее положение переключатель обнуления. Затем включается запись и начинается подъем до поверхности. Затем снова сменяется светофильтр и бланк записи и вся процедура повторяется. Таким образом, для проведения полной серии измерений со всеми шестью светофильтрами требуется трехкратное опускание прибора.

После окончания работы прибор выключается, поднимается на борт и промывается пресной водой. Хранится прибор на палубе вблизи лебедки в укладочном ящике.

В случае отсутствия на судне кабель-троса или кабельной лебедки погружаемая часть может быть соединена с пультом любым 4-жильным морским кабелем (марки РШМ, КТШ или др.). В этом случае для опускания прибора используется обычная океанографическая лебедка с тросом диаметром 4—6 мм. Во избежание закручивания кабеля вокруг троса желательно прибор подсоединять к тросу через вертлюг. При погружении прибора кабель постепенно вытравливается за борт через канифас-блок и прикрепляется к тросу через каждые 50—75 м с помощью специальных зажимов. При поднимании прибора кабель выбирается вручную или с помощью шпиля. При этом, однако, скорость проведения измерений существенно понижается из-за трудности выборки кабеля и необходимости остановок для закрепления или снятия зажимов.

Уход за прибором и его проверка. Уход за прибором в основном сводится к содержанию в чистоте выходного иллюминатора и сферического зеркала, которые промываются ватой, смоченной спирто-эфирной смесью. При погружении подводного датчика следует оберегать его от ударов о борт судна во избежание разъюстировки оптической системы. По окончании работы датчик следует вынуть на борт и промыть чистой пресной водой. При отключении датчика от кабель-троса обе половины герметичного разъема следует закрывать специальными заглушками для предохранения от влаги и отсыревания. Транспортировать прибор следует в укладочных ящиках, входящих в комплект прибора.

Проверка работоспособности и установки нулей на всех светофильтрах производится, как было описано выше, перед каждой станцией или через несколько станций, при частой работе прибора. В случае «ухода» нулевого положения на всех светофильтрах

следует прежде всего проверить положение светового пучка на входной диафрагме прибора, расположенной непосредственно за иллюминатором. Наблюдение должно производиться в темноте или при затемнении прибора темным покрывалом. Пучок света должен полностью вписываться в отверстие диафрагмы и не касаться ее краев. В случае ухода пучка добиваются его правильной установки с помощью трех юстировочных винтов сферического зеркала. После юстировки винты должны быть равномерно туго затянуты. Обычно такая юстировка восстанавливает «нулевые отсчеты» на всех светофильтрах. Небольшой уход отдельных светофильтров может компенсироваться установочными потенциометрами, имеющимися на пульте управления.

Линейность показаний и градуировка прибора проверяется периодически раз в 1—2 месяца или после длительного хранения с помощью набора стандартных нейтральных светофильтров, прилагаемого к прибору. Для этой цели после установки «нуля» прибора на воздухе в измерительный пучок у иллюминатора вставляют нейтральный светофильтр из набора и снимают показания выходного прибора (шкала X ПДС-021). Затем вставляют другие светофильтры из набора и снимают соответственные показания. Полученные данные наносят на график, где по оси абсцисс отложены плотности светофильтров из набора (для данного цветного светофильтра), а по оси ординат показания прибора. График должен быть линейным в пределах 1—2% и давать значения, отличающиеся от указанных в паспорте прибора не более, чем на 1—2%. Такие градуировочные графики строятся отдельно для всех длин волн (светофильтров). В случае значительного изменения наклона градуировочного графика он может быть отрегулирован с помощью изменения коэффициента усиления потенциометром в пульте управления. В случае смены лампочки (источника света) или ФЭУ настройка и регулировка прибора производятся в соответствии с прилагаемой к нему инструкцией. Уход за самописцем ПДС-021 производится согласно заводской инструкции.

Проверка показаний датчика глубины может производиться с помощью гидравлического пресса, снабженного прецизионным манометром или путем погружения прибора в море в спокойную погоду при отсутствии дрейфа судна. Глубина при этом определяется по блок-счетчику или счетчику лебедки.

14.3. Измерение подводной облученности, показателя вертикального ослабления естественного света в море с помощью подводного фотометра

Измерения подводной облученности (или освещенности) в море естественным дневным светом является одним из распространенных и существенных видов морских гидрооптических исследований. При своей сравнительной простоте они в то же время позволяют судить о характере светового поля в море и его изменении с глубиной, дают возможность вычислить его важные оп-

тические характеристики — такие как показатели вертикального ослабления, коэффициент диффузного отражения, показатель поглощения. Последний совместно с данными измерений прозрачности позволяет оценить вероятность выживания кванта света Λ в морской воде.

Для измерения подводной облученности применяются различного рода подводные фотометры, опускаемые на заданную глубину на тросе, кабеле или кабель-тросе. В настоящее время применяются почти исключительно фотоэлектрические подводные фотометры. В зависимости от устройства фотометры могут измерять различные параметры естественного светового поля в море. С помощью плоского («косинусного») горизонтального коллектора из молочного стекла измеряются облученности сверху и снизу горизонтальной площадки нисходящим и восходящим световыми потоками. С помощью молочного сферического коллектора измеряется пространственная или сферическая освещенность. Такой же коллектор, затененный непрозрачным экраном, дает возможность измерять полусферическую освещенность сверху или снизу.

По диапазону охватываемых световых потоков следует различать два типа подводных фотометров: для сравнительно небольших глубин (порядка 100—200 м), в которых обычно используются в качестве приемников света селеновые фотоэлементы с запирающим слоем, и для максимальных глубин проникновения дневного света в море (400—600 м), так называемые «батифотометры», в которых приемниками света служат фотоэлектронные умножители. Ниже приводятся краткие описания двух образцов фотометров указанных типов. Принцип действия и методика работы с фотометрами других конструкций в значительной степени аналогичны описанным.

Устройство подводного фотометра ЛЮПО. Фотоэлектрический фотометр ЛЮПО, разработанный по техническому заданию Института океанологии АН СССР, предназначен для измерения подводной облученности, создаваемой естественным дневным светом в море на глубине от 0 до 200 м, с одновременным измерением облученности на поверхности моря. Прибор позволяет измерять подводную облученность горизонтальной площадки отдельно светом от верхней и нижней полусферы, а также облученность вертикальной площадки или сферическую освещенность. Измерения могут производиться как в суммарном («белом») свете, так и в пяти спектральных участках видимой области спектра (от 400 до 650 нм). Пределы измерений в «белом» свете от 1 до 100 000 люкс (с цветными светофильтрами от 10 лк). Основной диапазон облученности (1—10 лк) расширяется в 10; 100 и 10 000 раз путем введения перед фотоэлементом нейтральных ослабляющих светофильтров.

В комплект прибора входят два датчика облученности *в*, *г*, пульт управления *б* и регистрирующие приборы *а* и *д* (рис. 14.4).

Подводный датчик *г* представляет собой цилиндрический контейнер, на боковой поверхности которого расположены под углом

90° три иллюминатора *2* из белого молочного стекла. При рабочем положении прибора они располагаются соответственно сверху, сбоку и снизу. Боковой иллюминатор может быть заменен специальной приставкой с полым шаром из молочного органического стекла, служащей для измерения суммарной пространственной облученности. В контейнеры через сальник введен кабель *5*, соединяющий подводный датчик с пультом управления. Контейнер с помощью специальной планки с зажимами *7* крепится к тросу *3*, служащему для погружения его в море.

Внутри контейнера против иллюминаторов размещены три селеновых фотоэлемента. Между иллюминаторами и фотоэлемен-

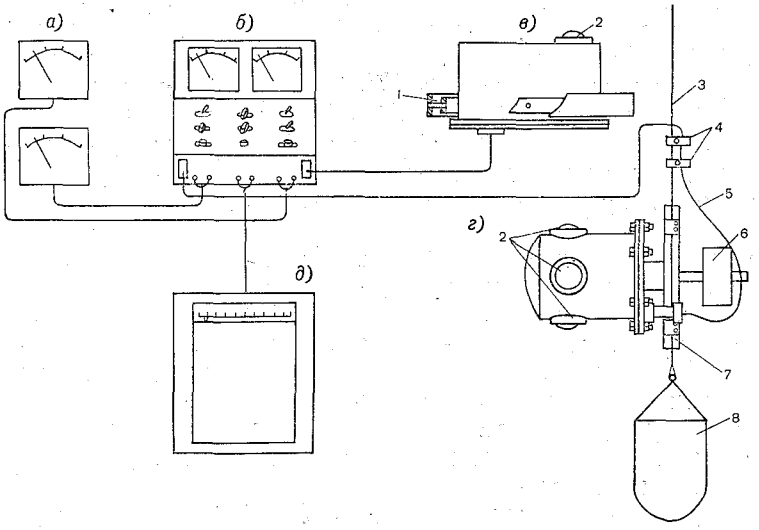


Рис. 14.4. Подводный фотометр ЛЮПО.

а, *д* — регистрирующие приборы, *б* — пульт управления, *в*, *г* — датчики облученности;
1 — кóрдановый подвес *2* — иллюминатор, *3* — трос, *4* — специальный зажим, *5* — кабель, *6* — противовес, *7* — планка с зажимами, *8* — концевой груз.

тами расположены два концентрических барабана, несущих на себе светофильтры: один — нейтральные, второй — цветные. Поворот барабанов осуществляется с помощью двух электромоторов, включение которых производится с пульта управления. Механизмы вращения барабанов соединены с круговыми потенциометрами, с которых снимается напряжение, служащее для индикации светофильтров на пульте управления. Установка светофильтров точно против фотоэлементов осуществляется микровыключателями, разрывающими цепи питания моторов в момент совмещения светофильтра с фотоэлементом. Для измерения глубины погружения прибора в контейнере установлен электрический датчик давления. Датчик надводной («палубной») облученности *в* по своему устройству аналогичен описанному выше, с той разницей, что здесь имеется лишь один фотоэлемент. Светофильтры (нейтраль-

ные и цветные) расположены не на барабанах, а на дисках. Контейнер укреплен в кардановом подвесе *1*, что обеспечивает горизонтальность светового коллектора при качке судна.

Пульт управления *б* предназначен для дистанционного управления сменой цветных и нейтральных светофильтров и контроля за их положением, а также для подключения измерительных и регистрирующих приборов.

На пульте имеется переключатель, позволяющий подключить к измерительному прибору один из трех фотоэлементов («верх», «бок», «низ») и две кнопки для смены цветных и нейтральных светофильтров. Положение барабанов и дисков со светофильтрами индицируется на двух стрелочных приборах, вмонтированных в пульт. На одном из этих приборов могут отсчитываться показания датчика глубины. Направление вращения барабанов со светофильтрами может реверсироваться с помощью переключателей. На задней стенке пульта расположены разъемы для подключения датчиков, на передней — для подключения измерительных приборов.

В качестве измерительных приборов могут использоваться гальванометры *а* (микроамперметры) со световым указателем (типа С-94 или др.) или же самопишущий потенциометр *д* типа ЭПП-09, КСП-4 или др.

Работа с прибором ЛЮПО. Блоки прибора размещаются на судне в соответствии с их назначением: пульт управления и регистрирующие приборы устанавливаются на столе в лабораторном помещении, надводный датчик помещается на открытой палубе судна, где не бывает затенения надстройками, мачтой и другими частями судна во время измерений, подводный датчик прикрепляется к тросу океанографической лебедки.

Надводный датчик *в* остается в укладочном ящике, с которого снимается верхняя крышка, после чего освобождается стопор карданового подвеса. Ящик крепится к палубе, датчик подключается к пульту с помощью 12-жильного кабеля, входящего в комплект прибора.

Подводный датчик *г* с помощью планки с зажимами *7* прикрепляется к тросу *3* океанографической лебедки на расстоянии 5—10 м от концевого груза *8* (20—50 кг). С помощью противовеса *6*, перемещаемого по штанге, добиваются горизонтального положения верхнего иллюминатора прибора при его погружении в воду. Кабель *5* (типа РШМ-12×1), присоединяют к датчику и к промежуточному кабелю, идущему от пульта управления с помощью специального герметичного разъема. Оставив у датчика небольшую петлю, кабель прикрепляют зажимами к планке *7* и через несколько метров специальным зажимом *4* к тросу.

Корпус пульта управления заземляют и подключают его питание к сети переменного тока 220 В 50 Гц. Перед опусканием прибора в воду необходимо проверить функционирование механизма смены светофильтров и переключение фотоэлемента, а также нулевое показание датчика глубины.

Для этого включают на пульте тумблер «Питание», причем загорается сигнальная лампочка. Затем, установив переключатель датчиков в положение «Подв.», нажимают кнопки смены цветных и нейтральных светофильтров, наблюдают по приборам на пульте за их сменой. Кнопки нажимаются кратковременно (на 3—5 с), после чего отпускаются, так как иначе сработает механизм автоматической остановки барабанов. Далее переключают измерительный прибор на датчик глубины и проверяют его показания. В случае необходимости установка нуля корректируется потенциометром «под отвертку», находящимся внутри пульта. После подготовки прибора к работе и проверки его функционирования приступают к измерениям. Для этого подводный датчик подвешивают за бортом на тросе так, чтобы он не затенялся бортом или другими частями судна, и производят замеры наружной освещенности «сверху» со всеми цветными светофильтрами. Нейтральный фильтр подбирают такой, чтобы показания измерительного прибора были в средней части его шкалы. Одновременно регистрируют показания надводного датчика с теми же цветными светофильтрами. Эти данные необходимы для привязки показаний подводного датчика к уровню, регистрируемому надводным. Далее погружают подводный датчик на заданную глубину и производят отсчеты со всеми цветными светофильтрами на данном горизонте для верхнего и нижнего фотоэлементов. Показания «бокового» фотоэлемента целесообразно регистрировать только в случае применения насадки со сферическим световым коллектором. При обычном иллюминаторе показания этого фотоэлемента получаются весьма нестабильными вследствие произвольного вращения датчика вокруг вертикальной оси. Их можно использовать только на больших глубинах, когда наступает стационарный «глубинный» режим светового поля, где яркость не зависит от азимута.

Поскольку конструкция прибора позволяет менять светофильтры только одновременно перед всеми фотоэлементами, в проведении измерений имеется некоторая специфика. Так, барабан с нейтральными светофильтрами следует установить таким образом, чтобы перед верхним фотоприемником помещался наиболее плотный светофильтр, например 1000-кратный, перед боковым — на порядок меньше, т. е. 100-кратный, перед нижним — на два порядка меньше, чем перед верхним, т. е. 10-кратный. При дальнейшем погружении прибора, когда облученность уменьшается, так что отсчеты станут менее 10 делений шкалы прибора, кратность светофильтров следует на порядок снизить, сохранив то же соотношение между светофильтрами верхнего, бокового и нижнего светоприемников. Отсчеты фототока делаются при каждом положении барабана с цветными светофильтрами для верхнего и нижнего (и если нужно, то и для бокового) фотоэлемента. Затем барабан поворачивается в следующее положение и снова делаются отсчеты для всех фотоэлементов. Таким образом проходят все 6 положений барабана с цветными светофильтрами и затем пере-

ходят на следующий горизонт. В начале и конце измерений на каждом горизонте регистрируют показания датчика глубины и датчика наружной облученности. В случае быстро изменяющейся наружной освещенности ее измерения производятся после каждой смены цветных светофильтров. Измерения наружной облученности производятся как правило только в суммарном «белом» свете и лишь при необходимости с другими цветными фильтрами.

Измерения подводной облученности следует проводить при безоблачном небе или при сплошной постоянной облачности, в период от 9 до 15 часов местного времени, когда наружная освещенность мало изменяется. Результаты, получаемые при резко меняющейся облачности или высоте солнца, обычно бывают неудовлетворительными. Измерения рекомендуется проводить на горизонтах через 5 м от 0 до 50 м, через 10 м на горизонтах от 50 до 100 м и через 20 м на глубинах более 100 м. Измерения желательно производить с солнечного борта. При опускании прибора с теневого борта верхние горизонты обычно дают ложные показания из-за тени судна. По окончании измерений прибор вынимается из воды и повторно производится регистрация показаний верхнего фотоэлемента на воздухе со всеми цветными фильтрами. При опускании прибора кабель через каждые 25—50 м прикрепляется к тросу специальными зажимами, прилагаемыми к прибору. При использовании измерительных приборов типа С-94 показания регистрируются в журнале, где указывается: 1 — номер и координаты станции, 2 — дата и время измерений, 3 — горизонт (или показания датчика глубины), 4 — положение барабана с нейтральными фильтрами, 5 — положение барабана с цветными фильтрами, 6 — отсчеты по шкале и положение переключателя шкал его (если он имеется) для верхнего и нижнего фотоэлементов (и для бокового, если он используется), 7 — показания датчика наружной освещенности и положения его дисков с цветными и нейтральными фильтрами, если они изменяются в процессе измерений. В примечаниях — 8 — указывается состояние неба, поверхности моря, положение судна относительно солнца и другие сведения.

При использовании для регистрации самопишущего потенциометра типа ЭПП-09 или КСП-4 на ленте последовательно записываются показания верхнего и нижнего фотоэлементов (если нужно, то и бокового), датчика наружной облученности и датчика глубины. Все остальные отметки, перечисленные выше, делаются на ленте от руки условными обозначениями у каждого отсчета. Ввиду того, что подводная освещенность испытывает значительные флуктуации, в особенности на приповерхностных горизонтах, запись на самописце следует проводить в течение некоторого промежутка времени, достаточного для последующего осреднения показаний (не менее 10—20 с). При визуальном отсчете осреднение производится на глаз.

Уход за прибором и его проверка. Входные иллюминаторы (световые коллекторы) прибора следует держать в чистоте и

предохранять от механических повреждений, царапин и т. п. Перед опусканием прибора в море их следует протирать спирто-эфирной смесью. Хранить прибор на борту следует в укладочном ящике. В нерабочем состоянии коллекторы всегда должны быть плотно закрыты крышками, прилагаемыми к прибору во избежание повреждений и засветки фотоэлементов солнечным светом. Кабель должен храниться на кабельной вьюшке или в специальном укладочном ящике. Кабель следует оберегать от механических повреждений, чрезмерных натяжений, резких перегибов и изломов. Герметичные штепсельные разъемы, после их разъединения, должны сразу же закрываться герметичными заглушками, во избежание попадания влаги и отсыревания. При транспортировке прибора следует позаботиться о тщательной укладке и закреплении приборов в ящиках.

Периодически, раз в один-два месяца, следует производить проверку чувствительности фотоэлементов. Для этого к прибору прилагается контрольный осветитель с лампой накаливания. Питание ее производится от пульта управления, где имеются специальные штепсельные гнезда на правой боковой стенке. Ток накала контролируется одним из стрелочных приборов на пульте, ток регулируется в соответствии с величиной, указанной в паспорте прибора, с помощью реостатов на правой стенке пульта. Осветитель надевается на иллюминатор проверяемого фотоэлемента, который предварительно тщательно промывается спирто-эфирной смесью, барабан с нейтральными светофильтрами устанавливается в такое положение, чтобы против проверяемого фотоэлемента установилось пустое окно. Устанавливается один из цветных светофильтров и производится отсчет по измерительному прибору. Затем производятся отсчеты со всеми другими цветными фильтрами. Полученные данные сравниваются с величинами, указанными в паспорте прибора. Допустимо отклонение от паспортных данных в пределе 10—20%. При больших отклонениях фотоэлемент следует заменить новым. Показания надводного (палубного) датчика в суммарном «белом» свете желательно периодически сравнивать с показаниями стандартного поверенного люксметра (типа 10-16 или др.), для чего приемный фотоэлемент последнего помещается рядом с иллюминатором надводного датчика и производится сравнение их показаний при различных уровнях облученности. Полученные значения используются для построения градуировочного графика надводного датчика и вносятся в формуляр прибора.

Устройство широкодиапазонного подводного фотометра. Широкодиапазонный логарифмический подводный фотометр ШЛФ, разработанный в Морском гидрофизическом институте АН УССР, предназначен для измерения параметров естественного светового поля от поверхности до глубины 500 м в различных участках видимой области спектра. В качестве приемника света в нем используется фотоэлектронный умножитель типа ФЭУ-39, работающий в режиме автоматического управления напряжением питания.

Теория и принцип действия фотометрической схемы подробно описан в статьях [8, 195]. В основу его положен принцип автоматического регулирования напряжения питания ФЭУ при изменении его анодного тока. В отличие от известных схем, где регулирование производится по цепи высокого напряжения, в данной схеме регулирование осуществляется в цепи низкого напряжения, причем обеспечивается связь между световым потоком Ф, воспринимаемым фотокатодом ФЭУ и током потребления схемой питания $I_{пт}$ вида:

$$\lg \Phi = -K \lg I_{пт} + A,$$

где K и A — постоянные величины.

Как было теоретически показано [195], именно такой характер связи необходим для обеспечения линейности логарифмической характеристики фотометра в широком диапазоне световых потоков. Работа схемы происходит следующим образом (рис. 14.5) [101]. При увеличении светового потока, падающего на катод фотоумножителя *1*, анодный ток последнего возрастает. Напряжение на выходе логарифмирующего устройства *2* при этом возрастает пропорционально логарифму анодного тока. После усиления в усилителе-инверторе *3* это напряжение в противофазе подается на вход регулирующего устройства *4*, управляющего током питания первичной цепи преобразователя *5*. Питание подается от стабилизированного источника питания *7*. При возрастании анодного тока регулирующее устройство *4* уменьшает ток питания преобразователя *5* и соответственно уменьшается напряжение питания фотоумножителя. Параметры схемы подобраны таким образом, что это уменьшение в точности обеспечивает выполнение вышеуказанного соотношения между Ф и $I_{пт}$. Таким образом, измеряя логарифм тока питания, можно определять логарифм светового потока, воспринимаемого фотометром в широких пределах (до 7—8 десятичных порядков светового потока). Для этой цели в цепь тока питания включен логарифматор *6*, на выходе которого самописец *8* регистрирует напряжение пропорциональное логарифму $I_{пт}$. Основными достоинствами описанной схемы являются: высокая степень линейности характеристики в широком диапазоне световых потоков, высокая стабильность и помехоустойчивость, использование для связи с подводным датчиком всего одной двухпроводной

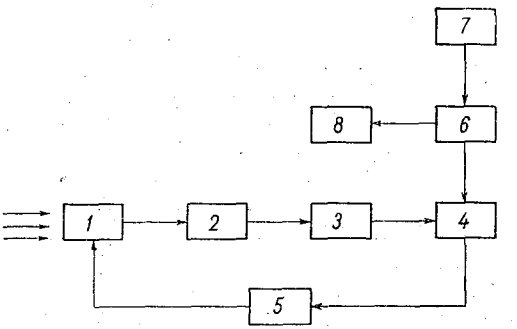


Рис. 14.5. Блок-схема широкодиапазонного подводного фотометра.

1 — фотоумножитель, *2* — логарифмирующее устройство, *3* — усилитель-инвертор, *4* — регулирующее устройство, *5* — преобразователь, *6* — логарифматор, *7* — источник питания, *8* — самописец.

линии, отсутствие требований высокой электрической прочности ко всем элементам регулирующей и измерительной схемы, так как они находятся в низковольтной части схемы (напряжение питания порядка 10 вольт).

Комплект прибора состоит из подводного датчика, бортового устройства с регистратором и датчика наружной освещенности. Конструктивно подводный датчик (рис. 14.6) представляет собой герметичный цилиндр *10*, на одной из торцевых стенок которого имеется плоский иллюминатор *11* для входа света. Непосредственно под иллюминатором расположен фотокатод ФЭУ *9*. Ниже ФЭУ расположен электронный блок *8*, содержащий логарифматор-усилитель, инвертор, регулирующее устройство и высоковольтный преобразователь. На втором торце контейнера находится сальник *7* для ввода кабеля. Для соединения подводного датчика с бортовым устройством и одновременно для его опускания за борт используется одножильный кабель-трос *5* типа КОБД-2. Подводный датчик крепится к кабель-тросу с помощью зажимного устройства *4*, *6*, аналогичного зажимному устройству обычного морского батометра. С помощью посыльного груза, контейнер может переворачиваться, что позволяет измерять облученность сверху и снизу за одно погружение. На входной иллюминатор контейнера *11* могут надеваться световые коллекторы различных типов: плоский 2 (косинусный) из матированного молочного стекла *1* или сферический *12*, в виде полого шара из белого молочного стекла. Под коллектор может устанавливаться светофильтр *3* из набора цветных стекол. Коллектор закрепляется на контейнер с помощью зажимного винта. Присоединение подводного датчика к центральной жиле кабель-троса осуществляется с помощью одноштырькового герметичного разъема. Надводный датчик по своему устройству аналогичен подводному. В нем используется сферический световой коллектор, что позволяет обойтись без карданового подвеса так как его наклоны не влияют на показания.

Бортовое устройство содержит два стабилизированных выпрямителя, служащих для питания подводного и надводного датчиков, двух логарифматоров, смесителя и регистрирующего устройства — двухкоординатного самопишущего потенциометра типа ПДС-021. Логарифматор представляет собой электронную схему выдающую сигнал, пропорциональный логарифму тока, протекающего через него. Сигнал, снимаемый с логарифматора, пропорционален логарифму светового потока, воспринимаемого фотометром. Надводный датчик может использоваться для автоматического введения поправки на изменение наружной освещенности в процессе измерения. Для этой цели в смеситель подаются сигналы с двух логарифматоров — от подводного и надводного датчиков в противоположной полярности. Таким образом со смесителя на самописец поступает сигнал, равный разности логарифмов наружной и подводной облученности, т. е. логарифму относительной подводной облученности на заданной глубине. В смесителе имеются кроме того два потенциометра, позволяющие предварительн

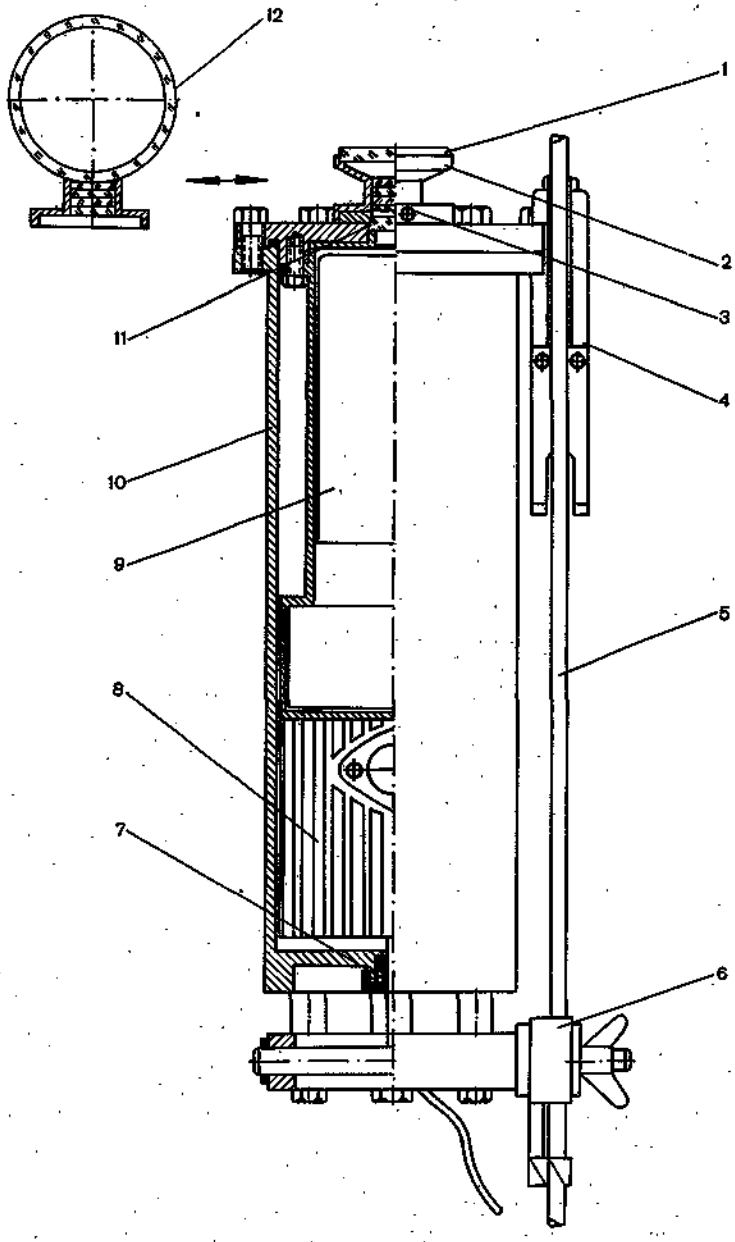


Рис. 14.6. Устройство погружаемого датчика широкодиапазонного подводного фотометра.

1 — световой коллектор из молочного стекла, *2* — световой коллектор плоский, *3* — светофильтр, *4*, *6* — зажимное устройство, *5* — трос-кабель, *7* — сальник, *8* — электронный блок, *9* — фотокатод, *10* — герметичный цилиндр, *11* — иллюминатор, *12* — сферический коллектор.

уравнять масштабы сигналов обоих датчиков. Выходной сигнал со смесителя подается на ось *X* двухкоординатного самописца. На ось *Y* подается сигнал с датчика глубины погружения прибора. В качестве такового может быть использован вибрационный электрический датчик типа ДДВ-50, частотно-модулированный сигнал с которого передается по тому же кабель-тросу. Может быть использован и другой вид измерителя глубины, например электрический датчик длины вытравленного троса, установленный на кабельной лебедке или на блок-счетчике. В этом случае необходимо вводить поправки на угол наклона троса.

Работа с широкодиапазонным подводным фотометром. Блоки комплекта размещаются на судне в соответствии с их назначением: бортовое устройство с регистратором располагается на столе в судовой лаборатории, надводный датчик устанавливается на верхней палубе или мостике, в месте, где он не будет затеняться надстройками, мачтой и другими частями судна во время измерений. Подводный датчик опускается за борт с помощью кабельной лебедки или электрической кабельной вьюшки, снабженной токосъемником. Если в приборе отсутствует датчик глубины необходимо установить на лебедке (вьюшке) электрический датчик длины вытравленного троса или использовать блок-счетчик с электрическим датчиком. В качестве последнего можно рекомендовать использовать многооборотный потенциометр, связанный зубчатой передачей с осью первой (отсчитывающей единицы метров) стрелки стандартного блок-счетчика. Бортовое устройство соединяется с выходом лебедки и надводным датчиком экранированными кабелями. Конец кабель-троса заделывается в силовую муфту, а центральный проводник выводится наружу и подпаивается к герметичному разъему. К муфте подвешивается концевой груз 20—50 кг. Подводный датчик прикрепляется к кабель-тросу на расстоянии 7—10 м над грузом с помощью зажимов, наподобие батометра БМ-48. При этом иллюминатор должен быть обращен вверх. На иллюминаторе закрепляется световой коллектор — плоский для измерения облученности «сверху» «снизу» или сферический для измерения пространственной облученности. Под коллектором заранее устанавливается необходимый светофильтр. Выход смесителя подсоединяют ко входу «*X*», выход датчика глубины — ко входу «*Y*» самописца ПДС-021. Питание фотометра для прогрева включают за 10—15 мин до начала измерений. Измерения производятся методом непрерывного зондирования для заданной длины волны. Если необходимо измерять относительную облученность «сверху» и «снизу», включают оба датчика погружаемый и палубный и с помощью регулировки потенциометров на смесителе добиваются, чтобы как при одинаковой полной облученности обоих датчиков, так и при их затемнении одинаковыми нейтральными светофильтрами показания выходного прибора (самописца) оставалось неизменным. Рукоятками регулировок самописца устанавливают перо в правом верхнем углу бланка. Далее включают перо самописца и приступают

к измерениям. Для этого включают лебедку и равномерно погружают подводный датчик с поверхности до максимальной глубины. Скорость зондирования 2—3 м/с. При этом перо самописца вычерчивает непосредственно график логарифма относительной облученности «сверху» как функцию глубины. По достижении максимальной глубины погружения лебедку останавливают и опускают посыльный груз. Последний, достигнув прибора, освобождает верхнее крепление и фотометр опрокидывается иллюминатором вниз. При этом перо самописца уходит по шкале влево. После этого начинают подъем прибора вплоть до поверхности и поднимают его на борт. При этом на самописце вычерчивается график логарифма относительной облученности «снизу». Далее закрепляют фотометр в исходном положении, меняют цветной светофильтр под коллектором, заменяют бланк на самописце и повторяют зондирование с новым светофильтром. Таким образом последовательно получают графики во всех участках спектра. При измерении пространственной облученности вместо плоского коллектора устанавливается сферический, под который помещается цветной фильтр. Измерение выполняется таким же способом, с той разницей, что опрокидывание фотометра здесь не требуется.

Если требуется измерять не относительную подводную облученность, а ее абсолютное значение, то палубный датчик не подключается. Первоначальное положение пера самописца устанавливается с помощью рукояток самописца. При этом должна быть известна градуировка фотометра в абсолютных единицах («условных люксах» или мкВт/см^2) для каждого цветного светофильтра.

По окончании работы светофильтры и коллекторы тщательно промываются дистиллированной водой и спирто-эфирной смесью, поскольку цветные стекла малоустойчивы к морской воде.

Измерения подводной облученности следует производить в условиях постоянства облученности поверхности моря, т. е. или в безоблачную погоду или при равномерной сплошной облачности. При наличии отдельных низких облаков или резко изменяющейся облачности результаты получаются недоброкачественными, даже несмотря на наличие датчика наружной облученности, так как изменения облученности на больших глубинах не всегда прямо связаны с колебаниями палубной облученности. С целью уменьшения влияния изменений условий облученности желательно производить измерения в минимально короткий срок, для чего использовать максимально возможную скорость зондирования. Во избежание влияния тени судна на освещенность в приповерхностных горизонтах желательно измерения производить с солнечного борта судна и относить прибор дальше от борта. Однако и при этом могут быть искажения хода облученности в поверхностных горизонтах из-за отражения света от белого борта судна, что следует учитывать при рассмотрении полученных графиков. Кроме того, в поверхностных горизонтах сильно сказываются флуктуации облученности, вызываемые волнением.

Проверка прибора и уход за ним. По окончании работы прибор снимается с троса, коллекторы и светофильтры промываются спирто-эфирной смесью. Прибор должен храниться в укладочном ящике. Если надводный датчик в период между измерениями остается на палубе, коллектор его должен закрываться защитным колпаком.

Проверка чувствительности фотометра производится путем сравнения его показаний при различных цветных светофильтрах с показаниями стандартного проверенного люксметра (типа 10—16 или др.) и сопоставления полученных результатов с данными, записанными в паспорте прибора. Проверка линейности логарифмической шкалы осуществляется наложением на входной иллюминатор, освещаемый постоянным источником (например солнце в полдень при безоблачном небе), последовательно нескольких нейтральных светофильтров с одинаковым ослаблением (например в 100 раз). При этом показания выходного прибора (ПДС-021) должны изменяться на одинаковое число делений от каждого светофильтра, соответствующее оптической плотности светофильтра (в данном приборе 2) [1]. Линейность логарифмической шкалы должна соблюдаться с точностью 1—2% в пределах не менее 6—7 десятичных порядков изменения освещенности.

14.4. Измерение пространственного распределения яркости света в морской воде

Тело распределения яркости в данной точке представляет собой поверхность, на которой лежат концы векторов, отложенных из данной точки, длина которых пропорциональна яркости света, распространяющегося в данном направлении. Тело распределения яркости естественного света в море дает наиболее полную информацию о световом поле в море. Зная тело распределения яркости и его изменение с глубиной, можно вычислить все основные величины, характеризующие световое поле. Поэтому, принципиально говоря, для получения полной характеристики светового поля желательно измерять в море не подводную освещенность, а тело распределения яркости. Однако, к сожалению, проведение таких измерений значительно сложнее и требует большей затраты времени. Обработка полученных материалов также весьма кропотлива и может быть успешно выполнена только с помощью ЭВМ. До настоящего времени не создано достаточно удобного и простого прибора для проведения измерений тела распределения яркости естественного света в море в экспедиционных условиях. Ниже приводится краткое описание одной из наиболее удачных моделей морского яркомера, разработанного в Морском гидрофизическом институте АН УССР.

---

[1] Оптической плотностью D называется десятичный логарифм величины, обратной коэффициенту пропускания светофильтра $D=\lg I_0/I$, где I_0 — световой поток, падающий на светофильтр, и I — прошедший через него.

Устройство морского яркомера МГИ. В качестве фотометрической части морского яркомера используется описанный выше (п. 14.3) широкодиапазонный логарифмический фотометр. Вместо описанных ранее световых коллекторов на иллюминатор прибора надевается специальная насадка, предназначенная для измерения яркости света в телесном угле порядка 6°. Эта насадка представляет собой так называемую трубку Гершуна, направление луча зрения которой непрерывно меняется, сканируя по всей сфере (см.

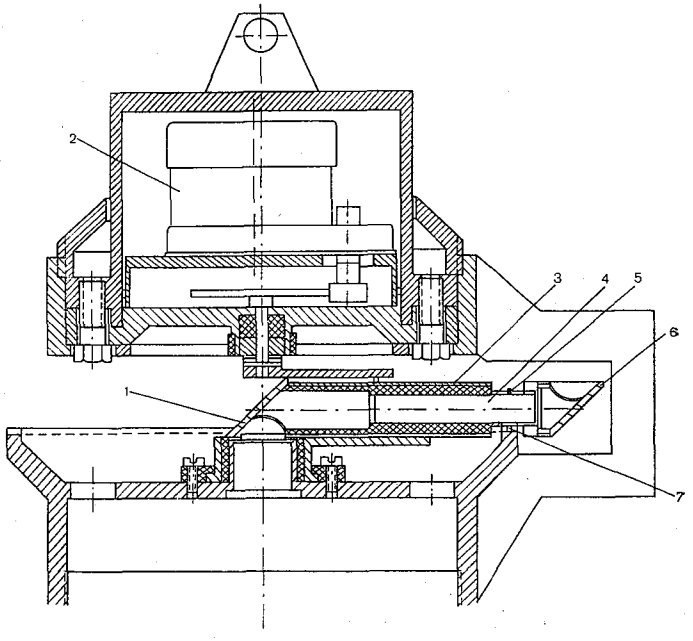


Рис. 14.7. Устройство головки сканирующего подводного яркомера.

1, 6 — плоские зеркала, *2* — мотор, *3, 4* — трубки, *5* — шестерня, *7* — неподвижная шестерня.

рис. 14.7). Для этого ход лучей в трубке дважды изламывается на 90° с помощью плоских зеркал *1, 6*. С помощью мотора *2*, заключенного в герметичный корпус, трубка *3* вращается вокруг оптической оси фотометра, расположенной вертикально. Этим осуществляется обзор пространства по азимутальным углам. Второе зеркало *6* укреплено на конце трубки *4* в оправе, которая может вращаться относительно оси этой трубки. Оправа несет на себе шестерню *5*, которая обкатывается по неподвижной шестерне *7* корпуса насадки. Этим обеспечивается изменение направления углов обзора в вертикальной плоскости. При этом за один оборот трубки по азимуту зеркало *6* совершает 12 оборотов относительно горизонтальной оси, т. е. делает сечение в вертикальной

плоскости через 15°. Скорость вращения вокруг вертикальной оси составляет примерно 0,3 об/мин. Питание мотора осуществляется от сухих элементов типа «Марс», помещенных в отдельный небольшой контейнер, присоединяемый снизу к основному контейнеру фотометра. Яркомер опускается в море на одножильном кабель-тросе, к которому крепится специальными зажимами. Для стабилизации яркомера в пространстве к корпусу фотометрической части прикрепляется плоскостной руль-стабилизатор, ориентирующий прибор относительно направления течения или дрейфа судна.

В качестве регистрирующего прибора используется электронный самопишущий потенциометр типа КСП-4 с постоянной времени пробега каретки не более 1 с и скоростью протяжки ленты 54 000 мм/ч. Запись получается в виде синусоидообразной кривой, представляющей собой развертку тела яркости в логарифмическом масштабе. Отметкой вертикального направления луча служит отметка от тени кронштейна, поддерживающего контейнер мотора. Азимутальная ориентация прибора определяется по максимуму яркости в направлении на солнце. Для выделения определенного спектрального участка в насадку может вставляться цветной светофильтр. Глубина погружения может определяться с помощью датчика давления типа ДДВ или по длине вытравленного кабель-троса. Для введения поправок на изменение наружной облученности может быть использован дополнительный палубный датчик.

Работа с яркомером. Блоки комплекта яркомера размещаются на судне в соответствии с их назначением: бортовое устройство с регистратором устанавливается в судовой лаборатории, датчик наружной облученности — на верхней палубе в месте, свободном от затенения выступающими частями судна, подводный датчик подвешивается к одножильному кабель-тросу типа КОБД-2, намотанному на кабельную лебедку или на электрическую кабельную вьюшку, снабженную токосъемником, так же как это было описано выше (14.3). За 10—15 минут до начала работы включается питание прибора для его прогрева.

Измерения тела яркости производятся на фиксированных горизонтах. Для этого включенный прибор погружается на заданный горизонт, после чего включается самописец и производится запись. Ввиду наличия флуктуаций яркости из-за волнения, которые особенно значительны в приповерхностных горизонтах, желательно проводить на горизонте не менее двух-трех циклов записи (два-три оборота вокруг вертикальной оси). Далее прибор опускается на следующий горизонт, где снова производится запись. После опускания прибора на данный горизонт, в случае заметного дрейфа судна, желательно выждать некоторое время, чтобы прибор стабилизировался по глубине. Для проведения измерений в другом спектральном участке прибор поднимается на борт, сменяется светофильтр и выполняются измерения с новым светофильтром.

На ленте самописца делаются отметки о номере станции, дате и времени измерений, глубине, спектральном участке, а также о состоянии неба и поверхности моря. Для введения автоматической компенсации изменения наружной облученности, используется дополнительный датчик наружной облученности, так же как это делается при измерении подводной облученности с помощью широкодиапазонного логарифмического фотометра.

14.5. Измерение индикатрисы рассеяния света морской водой и определение суммарного показателя рассеяния

При рассеянии света морской водой происходит перераспределение его яркости в различных направлениях. Этот процесс характеризуют индикатрисой рассеяния, представляющей собой функцию угловых показателей рассеяния света $\sigma(\theta, \varphi)$, где θ и φ — полярные углы, определяющие направление рассеяния. Общий показатель рассеяния σ определится как сумма угловых показателей:

$$\sigma = \int_{4\pi} \sigma(\theta, \varphi)\, d\omega,$$

где $d\omega$ — элементарный телесный угол в направлении рассеянного пучка света.

Считается, что рассеяние в морской воде симметрично относительно падающего пучка света. В этом случае полярный угол φ из рассмотрения исключается и индикатриса является функцией только одной угловой координаты θ, в силу условий симметрии

$d\omega = 2\pi \sin\theta\, d\theta$ и $\sigma = 2\pi \int_0^{\pi} \sigma(\theta) \sin\theta\, d\theta$, где θ — угол рассеяния.

Измерение индикатрис рассеяния света производят с помощью нефелометров, представляющих собой совокупность источника параллельного пучка света и яркомера, измеряющего яркость света, рассеянного из параллельного пучка в различных направлениях. Для расчета суммарного показателя рассеяния света необходимо, чтобы нефелометр был проградуирован в абсолютных фотометрических единицах.

Существует два типа нефелометров для измерения индикатрис рассеяния света морской водой: в пробах воды (in vitro) и непосредственно в море (in situ). Измерения in situ предпочтительнее, так как при этом не нарушаются естественные условия, в которых происходит рассеяние света в море и получаемая таким образом информация более репрезентативна.

До недавнего времени измерения индикатрис рассеяния света морской водой проводились только в пробах воды с помощью лабораторного спектрогидронефелометра СГН-57. В последние годы в Морском гидрофизическом институте АН УССР разработан морской импульсный погружаемый нефелометр МИН, позволяющий производить измерения индикатрис рассеяния света непосредст-

венно в море. Описание этого прибора и методика работы с ним даны ниже [112, 113, 163].

Устройство нефелометра. Нефелометр состоит из погружаемого датчика, кабеля связи и палубного регистрирующего устройства.

На рис. 14.8 приведена оптическая схема погружаемого датчика. Осветитель, состоящий из импульсного источника света *1* и коллиматора *2—4*, освещает исследуемый объем воды *7* слабо

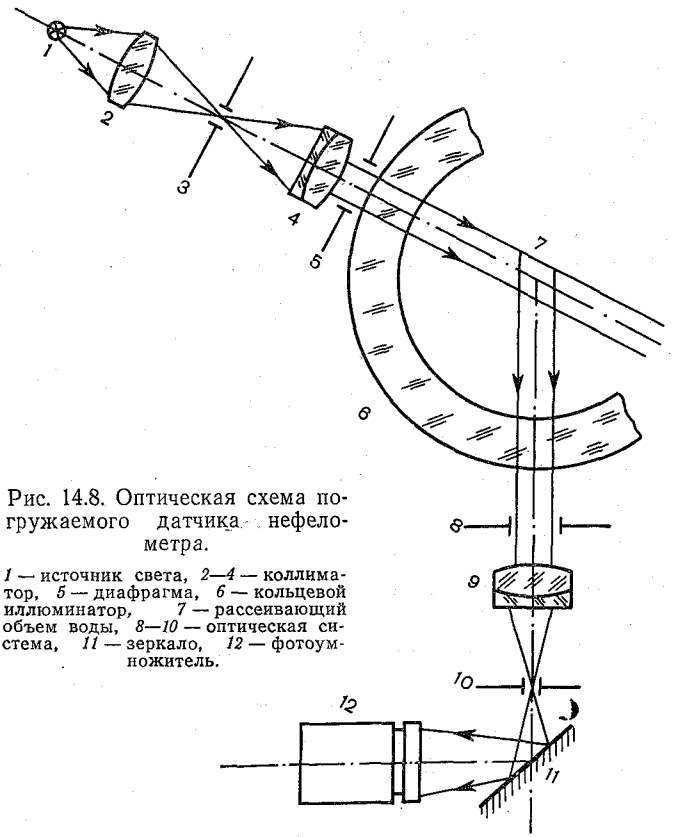


Рис. 14.8. Оптическая схема погружаемого датчика нефелометра.

1 — источник света, *2—4* — коллиматор, *5* — диафрагма, *6* — кольцевой иллюминатор, *7* — рассеивающий объем воды, *8—10* — оптическая система, *11* — зеркало, *12* — фотоумножитель.

расходящимся пучком света, который можно считать параллельным. На выходе коллиматора стоит диафрагма *5*, ограничивающая размеры пучка света 3×10 мм. Свет, рассеянный объемом воды, находящимся внутри кольцевого иллюминатора *6*, проектируется оптической системой *8—10* на катод фотоумножителя *12*. Иллюминатор *6* нефелометра представляет собой усеченный полый конус из органического стекла с полным углом при вершине, равным 18°. Конусообразность ему придана для устранения вторичной засветки рассеивающего объема светом осветителя, отраженным от стенок иллюминатора, так как такая засветка искажает вид индикатрисы при углах рассеяния более 90°. Иллюминатор открыт с торцов для

циркуляции через него морской воды. Для исключения влияния внешних световых помех иллюминатор защищен с торцов специальными световыми ловушками.

Принцип работы прибора следующий. Фотоприемник неподвижен, а осветитель укреплен на турели, реверсивно вращаемой мотором в секторе 165°. При вращении осветителя начиная с угла 1,5°, через каждые 5° до угла 162,5° производится поджиг импульсной лампы осветителя специальным устройством. Свет, рассеянный морской водой, регистрируется фотоумножителем, сигнал с кото-

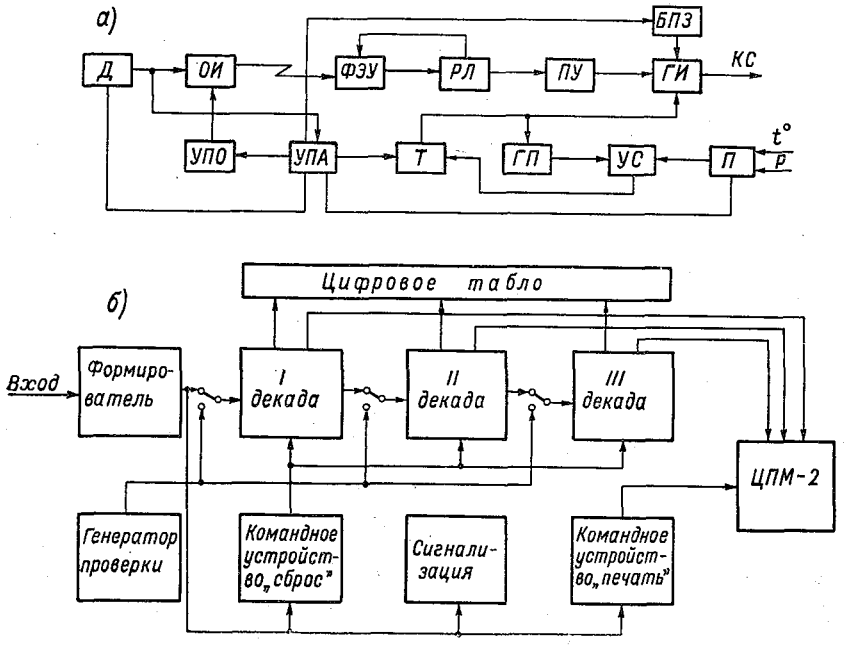


Рис. 14.9. Блок-схема погружаемого датчика нефелометра (*а*) и автоматического число-импульсного регистратора нефелометра (*б*).

рого поступает на схему число-импульсного преобразования, а с выхода этой схемы — через кабель в палубный регистратор. При возвратном движении турели осветитель отключается и подключаются датчики для измерения глубины погружения прибора и температуры воды.

Прибор работает автоматически по заданной программе.

На рис. 14.9 *а* приведена блок-схема погружаемого датчика нефелометра. Погружаемый датчик содержит следующие устройства: импульсный осветитель *ОИ*, мотор *Д*, устройство поджига импульсной лампы осветителя *УПО*, логарифмический импульсный фотометр *ФЭУ-РЛ-ПУ-ГИ*, устройство измерения температуры воды и глубины погружения прибора *Р-УС-ГП-Т-ГИ*, блок помехозащиты *БПЗ* и узел программной автоматики *УПА*, управляющей работой нефелометра по заданной программе.

Измерение яркости световых импульсов, рассеянных морской водой, происходит следующим образом. Рассеянный свет поступает на фотоумножитель, соединенный с регулирующей лампой *РЛ* так, что напряжение на диодах *ФЭУ* изменяется в обратной зависимости от светового потока, падающего на фотокатод. Такое включение *ФЭУ* значительно расширяет динамический диапазон его работы (до 7 порядков) и предохраняет *ФЭУ* от перегрузок при больших яркостях рассеянного света. При регистрации фотоумножителем светового импульса на нагрузке лампы *РЛ* вырабатывается аналоговый электрический импульс. Этот импульс поступает на пороговое устройство *ПУ*, с помощью которого электрический импульс преобразуется во временной интервал, пропорциональный амплитуде импульса. Полученный временной интервал заполняется генератором *ГИ* счетными импульсами с частотой следования 40 кГц, поступающими в канал связи. Таким образом при каждой вспышке лампы осветителя в канал связи поступает пачка счетных импульсов, число которых пропорционально яркости рассеянного света.

При возвратном движении осветителя устройство программной автоматики *УПА* отключает поджиг импульсной лампы и через переключатель *П* подключает сначала датчик давления *Р*, а затем датчик температуры *t*. Электрический сигнал с датчиков температуры и давления сравнивается с напряжением, поступающим от генератора пилообразного напряжения *ГП* в устройство сравнения *УС*, которое управляет триггером *Т*. Триггер *Т* формирует импульс длительностью, пропорциональной величине измеряемого параметра и управляет работой генератора *ГИ*, заполняющего полученный интервал счетными импульсами. Таким образом и при измерениях давления и температуры в канал связи каждый раз поступает тоже пачка счетных импульсов, число которых пропорционально измеряемому параметру. Запуск генератора пилообразного напряжения *ГП* осуществляется тем же устройством, которое производит поджиг импульсной лампы и с той же цикличностью.

Для защиты схемы погружаемого датчика от импульсных помех блок помехозащиты *БПЗ* блокирует запуск генератора счетных импульсов *ГИ* в нерабочие паузы, снимая блокировку только на короткие интервалы времени (порядка 100 мс) в момент вспышки импульсной лампы и измерения давления и температуры.

Питание импульсной лампы осветителя и всех измерительных устройств нефелометра осуществляется стабилизированными напряжениями, что обеспечивает стабильность показаний прибора.

Регистрация информации, поступающей с погружаемого датчика нефелометра в виде число-импульсных посылок, производится автоматически число-импульсным регистратором *АЧИР*. Регистратор осуществляет печать результатов измерений на цифропечатающей машине ЦПМ-2 с параллельной их индикацией на цифровом табло для визуального отсчета. Принцип работы автоматического регистратора поясняется блок-схемой, приведенной на рис. 14.9 *б*. Входной число-импульсный сигнал поступает в устройство форми-

рования, где пришедшим импульсам придается прямоугольная форма. С выхода схемы формирования пачка импульсов поступает на вход командных устройств «сброс» и «печать», на вход схемы сигнализации и в счетчик импульсов, подсчитывающий число последних. Результат пересчета передается со счетчика импульсов на цифровое табло и цифропечатающую машину. После пересчета всех импульсов (командное устройство «печать» подает на машину ЦПМ-2 сигнал, разрешающий считывание результата со счетчика импульсов и его печать.

Командное устройство «сброс» через 4 с после прихода пачки импульсов обнуляет счетчик импульсов и приводит регистратор в исходное состояние ожидания очередной импульсной посылки. Схема сигнализации, сработав по приходе пачки импульсов, дает в течение 0,5 с световой и звуковой сигналы.

Основные технические характеристики

Угловые пределы измерений, °	1,5; 7,5 далее через 5 до 162,5
Угловое разрешение осветителя, °	1,07
Угловое разрешение фотоприемника, °	1,07
Средняя квадратическая ошибка единичного измерения яркости рассеянного света:	
при измерении малых яркостей (на больших углах рассеяния)	0,02 lg
при измерении больших яркостей (на малых углах рассеяния)	0,05 lg
Спектральная область измерений, нм	400—600 $\lambda_{max}=520$ $\Delta\lambda_{0,7}=80$
Диапазоны измерения:	
температуры воды, °С	5—30
глубины погружения прибора, м	0—200
Погрешность измерения:	
температуры воды, °С	±0,25
глубины погружения, %	±3
Длительность полного цикла измерений всех параметров, мин	6
Длительность измерения индикатрисы рассеяния во всем диапазоне углов, мин	4
Питание:	
напряжение сети, В	220
частота, Гц	50
Максимальная глубина погружения, м	200
Габариты, мм:	
высота	250
диаметр	420
Масса, кг	65
Вид информации	число-импульсный код
Линия связи с судном	4-жильный кабель

Подготовка нефелометра к работе. При подготовке нефелометра к работе необходимо провести герметизацию контейнера погружае-

мого датчика и его соединение с кабелем и регистрирующей аппаратурой. Перед герметизацией контейнера в патрон для осушителя вкладывают прокаленный силикагель.

Для соединения погружаемого датчика с регистрирующей аппаратурой используется 4-жильный кабель в морском исполнении, имеющий сопротивление жил не более 20 Ом на всю длину кабеля. Кабель соединяется с погружаемым датчиком и регистрирующей аппаратурой с помощью герметичных разъемов.

После проведения герметизации контейнера и всех соединений кабеля нефелометр с помощью подвесок и скобы соединяют с тросом и опускают в воду, потравливая кабель, чтобы он не натягивался. Погрузив прибор в воду на глубину несколько метров, подают напряжение питания по кабелю в погружаемый датчик и включают на прогрев цифропечатающую машину. После 5-минутного прогрева производят запуск устройства поджига осветителя, для чего с помощью тумблера «сеть», расположенного на лицевой панели автоматического число-импульсного регистратора, выключают примерно на 1 с и снова включают подачу питания в погружаемый датчик. После этого должны появиться сигналы с погружаемого датчика. Если сигнал не появляется, указанную операцию с тумблером «сеть» повторяют заново. После появления сигналов погружаемый датчик выдерживают во включенном состоянии еще 10 мин, и прибор готов к проведению измерений.

Проведение измерений. Измерения индикатрис рассеяния света с помощью морского погружаемого нефелометра производят по дискретным горизонтам. Погрузив прибор на требуемую глубину, включают на регистрацию цифропечатающую машину и производят регистрацию результатов измерений в течение 2—3 полных циклов работы нефелометра. После этого прибор перемещают на следующий горизонт. В верхних слоях моря, где вода обычно сильно оптически стратифицирована, измерения производят через интервал глубин 5—10 м. Глубже 50 м интервалы увеличивают до 20—40 м. При проведении измерений индикатрис рассеяния света особое внимание уделяют слоям пониженной прозрачности, если таковые обнаруживаются с помощью зондирующего прозрачномера ЛФП (п. 14.2). В таких слоях производят более детальные измерения индикатрис рассеяния света.

Обработка результатов измерений. Полную обработку результатов измерений индикатрис рассеяния света производят на ЭВМ с помощью специально разработанной программы. При этом рассчитывают следующие угловые функции и интегральные характеристики рассеяния света: индикатрису рассеяния света в абсолютных угловых показателях рассеяния $\sigma(\theta)$, индикатрису рассеяния, нормированную на угол рассеяния $90° \lg \frac{\sigma(\theta)}{\sigma(90°)}$, индикатрису рассеяния, нормированную на интегральный показатель рассеяния света $\lg \frac{\sigma(\theta)}{\sigma}$, интегрально-угловую функцию $\frac{\sigma(\theta)}{\sigma} =$

$$=\frac{\int_0^{\theta}\sigma(\theta)\sin\theta\,d\theta}{\int_0^{\pi}\sigma(\theta)\sin\theta\,d\theta},$$ интегральный показатель рассеяния света σ,

коэффициент асимметрии индикатрисы $k=\frac{\delta}{\beta}=\frac{\int_0^{\pi/2}\sigma(\theta)\sin\theta\,d\theta}{\int_{\pi/2}^{\pi}\sigma(\theta)\sin\theta\,d\theta}$,

средний косинус рассеяния $\overline{\cos\theta}=\frac{2\pi\int_0^{\pi}\sigma(\theta)\sin\theta\,d\theta}{\sigma}$. Вводными данными в ЭВМ служат результаты показаний автоматического число-импульсного регистратора (АЧИР), зафиксированные на ленте цифропечатающей машины, и градуировочная таблица нефелометра. Если проводилось несколько измерений на горизонте, то показания АЧИР на отдельных углах осредняются.

При ручной обработке обычно строят индикатрису рассеяния света, нормированную на угол рассеяния 90°. Для этого по средним отсчетам $\overline{N(\theta)}$ определяют с помощью градуировочного графика соответствующие показатели рассеяния света $\sigma^*(\theta)$. Нормированную на угол рассеяния $\theta=90°$ индикатрису рассчитывают по следующей формуле

$$\lg\frac{\sigma(\theta)}{\sigma(90)}=\lg\frac{\sigma^*(\theta)}{\sigma^*(90)}+\lg\sin\theta, \qquad (14.1)$$

где член $\lg\sin\theta$ учитывает изменение рассеивающего объема в зависимости от угла рассеяния.

Так как величина $\sigma(90)$ нефелометром не измеряется, то эту величину находят путем линейной интерполяции между величинами $\sigma(87{,}5)$ и $\sigma(92{,}5)$, т. е.

$$\sigma(90)=\frac{\sigma(87{,}5)+\sigma(92{,}5)}{2}. \qquad (14.2)$$

Для угла 1,5° вводят дополнительную поправку $\Delta\sigma(1{,}5)$, учитывающую ослабление пучка света диафрагмой ∅ 1 мм, стоящей на этом угле, и соответствующую величину определяют из выражения

$$\lg\sigma(1{,}5)=\lg\sigma^*(1{,}5)+\lg(\sin 1{,}5)+\lg\Delta\sigma(1{,}5). \qquad (14.3)$$

После нахождения всех нормированных величин индикатрисы рассеяния строят ее график в координатах

$$\lg\frac{\sigma(\theta)}{\sigma(90)}=f(\theta).$$

Суммарный показатель рассеяния света рассчитывают по формуле

$$\sigma = 2\pi \int_0^{\pi} \sigma(\theta) \sin\theta \, d\theta, \qquad (14.4)$$

вычисляя входящий в нее интеграл методом трапеций по кольцевым зонам: 0—0,5°; 0,5—1,0°; 1,0—1,5°; 1,5—2,0°; 2,0—3,0°; 3,0—4,0°; 4,0—5,0° и далее до 180 через 5,0°. Соответствующие значения $\sigma(\theta)$ в области малых углов рассеяния находят путем экстраполяции и интерполяции индикатрисы по параболе вида

$$\lg \sigma(\theta) = A + B\theta + C\theta^2.$$

В качестве опорных точек для решения этого уравнения используют измеренные значения $\sigma(1{,}5)$, $\sigma(7{,}5)$ и $\sigma(12{,}5)$. При $\theta > 162{,}5°$ можно с достаточной точностью считать $\sigma(\theta) = \text{const}$.

Глубину погружения прибора и температуру воды определяют по средним показаниям регистратора N_p и N_t, используя соответствующие градуировочные таблицы.

Градуировка. Градуировку нефелометра проводят с помощью нейтральных светофильтров и эталонной рассеивающей пластинки.

Вначале с помощью калиброванных нейтральных светофильтров снимают относительную фотометрическую характеристику нефелометра. Для этого внутреннюю полость иллюминатора заполняют дистиллированной водой. Мотор, вращающий осветитель, отключают и осветитель устанавливают в положение $\theta = 0°$, т. е. соосно с объективом фотоприемника. Перед фотоприемником устанавливают нейтральные светофильтры и, производя вручную поджиг импульсной лампы, снимают с каждым светофильтром по 5 отсчетов. По средним значениям отсчетов N строят градуировочный график $D = f(N)$, где D — оптическая плотность нейтральных светофильтров при длине волны $\lambda = 520$ нм, соответствующей максимальной чувствительности нефелометра.

Для получения абсолютных значений угловых показателей рассеяния света производят измерение яркости эталонной пластинки, рассеивающей свет по закону косинуса, помещая ее перпендикулярно освещающему пучку света в центре иллюминатора, заполненного дистиллированной водой. Фотоприемник при этом также соосен с осветителем. При такой схеме градуировки показатель рассеяния света в направлении θ определяют следующим образом:

$$\sigma(\theta) = \frac{T \sin\theta}{\pi h} \frac{B(\theta)}{B(0)} e^{-2R(\varepsilon - \varepsilon_0)}, \qquad (14.5)$$

где T — коэффициент пропускания эталонной рассеивающей пластинки; $\pi = 3{,}14$; h — ширина освещающего пучка света на эталонной пластинке, м; $B(\theta)/B(0)$ — отношение яркости пучка света, рассеянного под углом θ, к яркости эталонной рассеивающей пластинки, определенное по градуировочной характеристике нефело-

метра; R — радиус иллюминатора; ε — показатель ослабления света исследуемой средой; ε_0 — показатель ослабления света дистиллированной водой, заливающейся в иллюминатор при градуировке нефелометра.

При отсутствии прозрачномера разность $(\varepsilon - \varepsilon_0)$ ориентировочно определяют следующим образом. Проводят обработку индикатрисы рассеяния света и рассчитывают интегральный показатель рассеяния σ^* в исследуемой среде без учета поправочного множителя $e^{-2R(\varepsilon - \varepsilon_0)}$. С достаточной степенью точности можно принять

$$(\sigma - \sigma_0) = (\sigma^* - \sigma_0), \tag{14.6}$$

где σ — истинный показатель рассеяния света исследуемой средой; σ_0 — показатель рассеяния света дистиллированной водой, применявшейся при градуировке нефелометра.

Показатель рассеяния σ_0 определяют описанным ранее способом, измерив индикатрису рассеяния дистиллированной воды во время градуировки нефелометра. Для морских и океанских вод отношение σ/ε в среднем можно принять равным 0,7, тогда $\varepsilon - \varepsilon_0 = 1{,}43\,(\sigma - \sigma_0)$ или, учитывая соотношение (14.6),

$$\varepsilon - \varepsilon_0 = 1{,}43\,(\sigma^* - \sigma). \tag{14.7}$$

Градуировку датчиков давления и температуры производят с помощью компрессорной установки, оборудованной эталонным манометром и термостата с эталонным термометром сопротивления.

Уход за прибором. Уход за прибором состоит в периодической проверке его градуировочных характеристик, замены импульсной лампы по мере выработки ее ресурса и предохранения контейнера прибора от окисления, а всех оптических его деталей — от загрязнения.

Замену импульсной лампы в осветителе производят после 4000 вспышек, производя при каждой замене градуировку нефелометра указанным ранее способом.

Градуировку датчиков давления и температуры осуществляют раз в 2—3 месяца.

Протирку оптических поверхностей нефелометра производят каждый раз при замене импульсной лампы. Все оптические поверхности осветителя и фотоприемника протирают ваткой, смоченной спиртом или спирто-эфирной смесью, после чего протирают их сухой ваткой. Протирку иллюминатора, изготовленного из оргстекла, производят только чистым спиртом. После каждого погружения в море нефелометр промывают пресной водой, после чего тщательно его просушивают.

Хранение и транспортировку нефелометра осуществляют в специальной таре. При этом иллюминатор закрывают пыленепроницаемыми заглушками, предохраняющими поверхность иллюминатора от загрязнения.

14.6. Обработка результатов измерений оптических свойств морской воды

Обработка результатов измерений прозрачности морской воды прозрачномером. Результаты измерений прозрачности прозрачномером ЛФП получаются непосредственно в виде графиков вертикального распределения показателя ослабления направленного света на бланках самописца ПДС-021. На каждом бланке записывается номер станции или ее координаты, глубина моря, дата и время проведения измерений, номер светофильтра, направление движения прибора при зондировании (спуск или подъем), масштаб шкал ПДС по обеим координатам и другие отметки.

Для получения абсолютных значений показателя ослабления и глубины используются градуировочные графики, прилагающиеся к паспорту прибора или полученные опытным путем, как указано в п. 14.3. Для упрощения обработки рекомендуется настраивать прибор так, чтобы отсчеты по шкале X ПДС соответствовали непосредственно значениям показателя ослабления, т. е. предел 0,350 В — показателю ослабления в пределах 0—0,35 $м^{-1}$; шкала 0,700 В — показателю ослабления 0—0,70 $м^{-1}$. При этом для учета поправки на увеличение пропускания прибора при переходе из воздуха в воду, следует из полученного значения вычитать 0,023 $м^{-1}$. Можно эту поправку ввести заранее, установив «нуль» ПДС (при закороченном входе X) на деление 0,23 (при шкале 0,350 В). Шкалу глубин прибора также желательно приводить к отсчетам шкалы Y ПДС, т. е. 2,5 В — 250 м, 5 В — 500 м и т. п. Нуль шкалы глубин устанавливается при нахождении прибора в воздухе.

При использовании градуировочных графиков можно рекомендовать составить по ним палетки для обеих координат, по которым и производить отсчеты.

Бланки с записями измерений подшиваются в общую папку или сброшюровываются в альбом для дальнейшего хранения.

Обработка результатов измерений подводной облученности подводным фотометром ЛЮПО. Результаты измерений подводной облученности получаются или в виде визуальных отсчетов по шкале измерительного прибора, или в виде отметок на ленте самописца. И в том, и в другом случае отсчеты заносятся в журнал наблюдений в первом случае непосредственно в процессе измерений, во втором — впоследствии, при обработке ленты. Далее все отсчеты переводят в значения условных освещенностей с учетом положения переключателя шкал измерительного прибора и введенного нейтрального светофильтра.

В журнал заносятся также результаты проверки чувствительности прибора, данные градуировки (если прибор заново градуировался), ремонтные работы и т. п.

Для каждого горизонта фотоэлемента и каждого светофильтра заносятся отсчеты, сделанные по шкале измерительного прибора или снятые с ленты самописца и соответствующие им диапазоны (нейтральные светофильтры), показания датчика глубины и уро-

вень наружной облученности. Если во время измерений уровень наружной облученности изменился, то берут среднее из значений до и после данного отсчета. Так как вследствие качки судна и наличия волнения показания прибора обычно колеблются в довольно широких пределах (в особенности для подповерхностных горизонтов), то при снятии показаний берут среднее за весь период измерения с данным светофильтром.

Занесенные в журнал показания прибора (с учетом диапазона) по соответствующим градуированным графикам переводят в значения относительных или абсолютных облученностей E для данного светофильтра. В эти величины вводят поправку на изменение наружной облученности приводя их к постоянному уровню облученности. Для этого полученные значения умножают на отношение $m=E_0^n/E^n$, где E_0^n — значение наружной облученности во время проведения измерения на нулевом подповерхностном горизонте (с данным светофильтром), а E^n — значение наружной облученности при проведении измерений на данном горизонте. Показания датчика глубины переводят по градуировочному графику в глубину погружения в метрах.

Затем вычисляют для каждого горизонта (для каждого цветного светофильтра) коэффициент подводной облученности $\eta=mE/E_0$, где E — облученность на данном горизонте, E_0 — облученность на нулевом (подповерхностном) горизонте, и находят десятичный логарифм этого отношения.

Полученные значения наносят на график, на котором по вертикали вниз откладывают глубину (м), а по оси абсцисс, влево от начала координат (поскольку $\lg\eta$ — отрицательны) полученные значения логарифмов коэффициента подводной облученности. Такие графики строят для каждого светофильтра и каждого фотоэлемента. Если прибор градуирован в абсолютных энергетических единицах, то подобные графики строятся непосредственно в значениях логарифма абсолютной энергии (с введением поправки на изменение уровня наружной облученности), т. е. по оси абсцисс откладывают величину $\lg mE_z$, где E_z выражено в мкВт/(м^2·нм). По полученным данным вычисляют показатель вертикального ослабления света α для каждой спектральной области:

$$\alpha=\frac{\lg m_1E_1-\lg m_2E_2}{z_2-z_1},$$

где z_1, z_2 — глубины двух горизонтов для которых определены относительные облученности E_1 и E_2.

Коэффициент диффузного отражения света морем R для заданной глубины находят путем деления облученности снизу $mE\uparrow$ на облученность сверху $mE\downarrow$ для данного горизонта при данном светофильтре. Облученности при этом могут быть выражены как в относительных, так и в абсолютных единицах.

Обработка результатов измерений подводной освещенности широкодиапазонным фотометром ШЛФ. Широкодиапазонный подводный фотометр дает результаты непосредственно в виде графиков

логарифма подводной облученности (относительной или абсолютной), как функции глубины на бланках двухкоординатного самописца ПДС-021. На каждом бланке делается отметка о номере станции, ее координатах, дате и времени проводимых измерений, глубины моря, ветре, облачности, волнении, высоте солнца, курсовом угле судна, борте измерения, светофильтре, типе коллектора («верх», «низ», «сферич») и т. п. По полученным графикам с помощью градуировочных кривых могут быть найдены значения подводной облученности для любой глубины. Наклон графиков дает показатель вертикального ослабления света, разность абсцисс графиков облученности «сверху» и «снизу» дает значение логарифма коэффициента диффузного отражения света морем для данной глубины.

Таким образом все основные характеристики светового поля могут быть получены практически непосредственно с графиков, без дополнительной сложной обработки.

Перевод значений отсчетов в облученность производится по градуировочным кривым, прилагаемым к прибору.

Обработка результатов измерений пространственного распределения яркости света в море. Запись результатов измерений яркости, выполненных с помощью сканирующего яркомера МГИ, осуществляется на ленте самопишущего потенциометра типа КСП. Она имеет вид синусоидообразной кривой, абсцисса которой является разверткой направления оптической оси приемника в пространстве по двум углам, а ордината пропорциональна логарифму соответствующего значения яркости. Цикл измерений выполняется для заданной длины волны света на дискретных горизонтах.

Начало отсчета по азимутальному углу определяется по отметке от тени кронштейна, несущего контейнер двигателя, а по вертикальному углу — по блику от груза прибора, появляющемуся при направлении оптической оси приемника в надир. Ориентация прибора в пространстве определяется по направлению на вертикал солнца.

Каждый оборот приемника вокруг соответствующей оси разбивается на оси абсцисс через заданные интервалы углов (например через 10 или 15°), для которых снимаются значения ординат. Эти значения по градуировочным графикам переводятся в абсолютные или относительные яркости. Дальнейшая обработка проводится на ЭВМ по специально разработанной программе с целью получения тела пространственного распределения яркости подводного света а также других величин, характеризующих световое поле на данном горизонте, в зависимости от конкретных задач исследования.

Глава 15. НАБЛЮДЕНИЯ ЗА ТЕЧЕНИЯМИ С СУДНА, СТОЯЩЕГО НА ЯКОРЕ

Наблюдения за течениями с судна, стоящего на якоре, производятся вертушками и поплавками.

15.1. Наблюдения за течениями при помощи вертушек

Приборы для измерения скорости и направления течений называются вертушками потому, что приемником скорости в них является вращающийся на течении ротор.

Наиболее распространены наблюдения за течениями с судна, стоящего на якоре, вертушками типа БПВ (буквопечатающая вертушка) и ВММ (вертушка морская модернизированная). В ряде случаев наблюдения за течениями производятся дистанционными вертушками с регистрирующей аппаратурой на борту судна. К сожалению, дистанционные вертушки широкого распространения пока не получили.

Буквопечатающая вертушка БПВ или ее вариант — электрифицированный самописец течений ЭСТ предназначены для автономной постановки на буйковых станциях, однако их часто используют для регистрации течений на различных глубинах с судна, стоящего на якоре.

БПВ (ЭСТ) позволяют получать большое количество измерений на заданном горизонте, без подъема на поверхность могут перемещаться с горизонта на горизонт, поэтому удобны при работах с судна.

ВММ — прибор разового действия. После получения одного измерения на горизонте вертушка поднимается на борт для снятия отсчетов и перезарядки.

Судно, стоящее на якоре, может также принимать сигналы от радиовертушек типа ГМ-33, устанавливаемых на автономную работу, в районе стоянки судна, а также обслуживать автономные приборы — БПВ (ЭСТ) на буйковых станциях.

15.2. Самописец течений системы Ю. К. Алексеева БПВ

Самописец течения разработан в Арктическом и антарктическом научно-исследовательском институте Ю. К. Алексеевым. Прибор регистрирует скорость и направление течения цифрами на бумажной ленте. Масштаб записи позволяет снимать с ленты показания скорости течения с точностью до 1 см/с, направление — до 1°. Прибор устроен таким образом, что его показания не требуют введения инструментальных поправок, обработки по тарировочным данным, введения поправок на магнитное склонение.

Самописцы течений изготовляются в следующих вариантах.

1. Самописец БПВ-2, модель 1950 г. Прибор рассчитан для работ до глубины 1200 м. Диапазон скоростей, измеряемых прибором, от 2,5 см/с до 148 см/с. Масса прибора 48 кг.

2. Самописец БПВ-2р, модель 1952 г. (речной вариант). При помощи этого прибора можно работать в речных, озерных и морских условиях на глубинах до 250 м. Диапазон скоростей, измеряемых прибором, от 3,5 см/с до 148 см/с, или реже, до 296 см/с (с применением добавочного балластного груза). Масса самописца 29 кг.

3. Самописец БПВ-3. Имеются три модели прибора: для работ соответственно до глубин 2500, 3000 и 6000 м. Приборы разрабо-

таны в Институте океанологии АН СССР на базе и с использованием регистрирующей части прибора БПВ-2. Изготовлены опытные экземпляры. Масса самописцев от 50 до 85 кг.

4. Самописец БПВ-6. Прибор предназначен для работы до глубины 6000 м. Корпус его изготовлен из высокопрочного немагнитного титанового сплава. Самописец разработан заводом штурманских приборов в Ленинграде совместо с Арктическим и антарктическим научно-исследовательским институтом в 1967 г. Диапазон скоростей, измеряемых прибором от 2 до 148 см/с. Масса самописца 44 кг.

Самописцы типа БПВ-2, БПВ-2Р и БПВ-6 выпускаются серийно промышленностью.

Все варианты самописцев имеют практически одинаковые регистрирующие механизмы и отличаются друг от друга, в основном, только устройством своих герметических корпусов, рулей и лопастных винтов. Прибор может быть использован для работы с судна или с ледяного покрова. Кроме того он может быть подвешен к притопленному, стоящему на якоре бую и работать автономно. Самописец рекомендуется использовать для длительной регистрации (сутки и более) течений на одном и том же горизонте (многочасовые наблюдения). При необходимости его можно также использовать для измерения распределения течения по глубине, производя для этого кратковременные выдержки прибора на разных горизонтах (разовые наблюдения). При использовании самописца в поверхностных горизонтах следует считаться с возможными ошибками в определении направления течения, происходящими вследствие влияния судового железа на магнитную картушку прибора. Колебания приборов БПВ в море, вызванные качаниями на волнах судов и буев, к которым они подвешены на тросах, могут в ряде случаев вызывать существенные ошибки скорости и направления измеряемого течения.

В большинстве подобных случаев, измеренные скорости течений оказываются завышенными, а направления их регистрируются со значительными «разбросами».

Возможность получения в таких случаях достоверных показаний о течениях зависит уже не от самих приборов БПВ, а главным образом от способов подвешивания их в воде.

Наиболее точные измерения глубинных течений с помощью самописцев БПВ могут быть получены в море при работе с неподвижных (припайных) льдов или при подвешивании приборов в придонном слое с помощью установленных на дне моря донных автономных станций, или со свайных оснований.

Хорошие результаты дают наблюдения этими приборами с дрейфующих морских льдов, когда собственные движения льдов могут быть достаточно учтены, а также с борта судов, при отсутствии волнения.

В случаях установки самописцев БПВ в море на буях более точные измерения течений этими приборами могут быть получены при подвешивании их под притопленными буями, удерживаемыми

под водой на туго натянутых тросах, исключающих возможность значительных колебаний буев и приборов.

Наибольшие завышения скоростей морских течений приборами БПВ, вызванные влиянием волнения и доходящие в ряде случаев до 200—300% (при измерениях течений со скоростями порядка 10—20 см/с), возникают при подвешивании этих приборов под плавающими на поверхности моря буями, установленными на якоре. Следует иметь в виду также, что лопастные винты приборов БПВ-2р, рассчитанных первоначально, при создании приборов для использования в речных и озерных условиях, могут давать бо́льшие завышения скорости течения, чем специально сконструированные для морских условий лопастные винты приборов типа БПВ-2 и БПВ-6, и описанного в п. 15.3 электрифицированного самописца течений ЭСТ.

В условиях, когда колебания самописцев БПВ в потоке незначительны, самописцы типов БПВ-2р и БПВ-2 дают хорошо совпадающие показания, соответствующие одновременным показаниям морских вертушек ВММ (типа Экмана—Мерца) и электромагнитного измерителя течений ГМ-15.

К недостаткам БПВ относятся:

а) неполная сопоставимость данных по скорости и направлению (отсчет мгновенного значения направления и осредненной за интервал 200 с скорости);

б) недостаточная чувствительность корпуса при ориентации по направлению в слабых потоках (до 10 см/с);

в) значительный разброс данных по направлению при наблюдениях в слое, захваченном волнением или при колебаниях точки подвеса прибора;

г) существенное влияние вертикальных перемещений приборов на точность данных по скорости.

Принцип работы самописцев течений БПВ сводится к следующему: лопастный винт прибора непрерывно вращается течением. Его вращение посредством магнитной муфты передается в регистрирующую часть прибора. Через заданные промежутки времени автоматически включается сцепление лопастного винта с диском скорости, который начинает поворачиваться. Чем больше скорость течения, тем на больший угол успеет повернуться диск за время, пока включено его сцепление с лопастным винтом. Включение и выключение диска скорости осуществляется часовым механизмом. Время, в течение которого диск скорости связан с лопастным винтом, называется временем экспозиции, оно равно 176 с. Одновременно с началом экспозиции, т. е. с включением диска скорости, часовой механизм освобождает стопорное приспособление (арретир) магнитной картушки, и она устанавливается в плоскости магнитного меридиана. По окончании экспозиции автоматически срабатывает печатающий механизм. На диске скорости и на магнитной картушке наклеены резиновые цифровые шкалы. Печатающий механизм наносит краску на эти шкалы и прижимает к ним ленту, на которой отпечатываются цифры с диска скорости и буквы,

указывающие направление с магнитной картушки. После того, как отпечаток сделан, диск скорости возвращается в исходное положение.

Устройство самописца течений БВП-2р. *Основные узлы прибора.* Самописец течений БПВ-2р состоит из следующих основных частей: корпуса, лопастного винта, руля и регистрирующего механизма. Общий вид прибора показан на рис. 15.1, основные узлы — на рис. 15.2.

Корпус *22* изготовлен в виде пустотелого латунного цилиндра с днищем. Он укреплен на массивном основании *19*, служащим ограждением лопастного винта *20*. Корпус крепится к основанию при помощи двух латунных тяг, снабженных талрепами. Сверху корпус герметично закрывается крышкой *11*, которая прижимается к торцовой поверхности стенок корпуса при помощи откидного болта с гайкой, нажимающего при навинчивании на конец рычага-рукоятки *13*, прикрепленного при помощи петли *14* к одной из тяг. Рукоятка заканчивается вилкой *12*, в которую при закрывании корпуса вводится откидной болт *9*. Крышка снабжена резиновой прокладкой, обеспечивающей герметичность корпуса. Во избежание перекосов при закрывании крышки на приливах верхней горловины корпуса укреплены ограничительные штифты *10*.

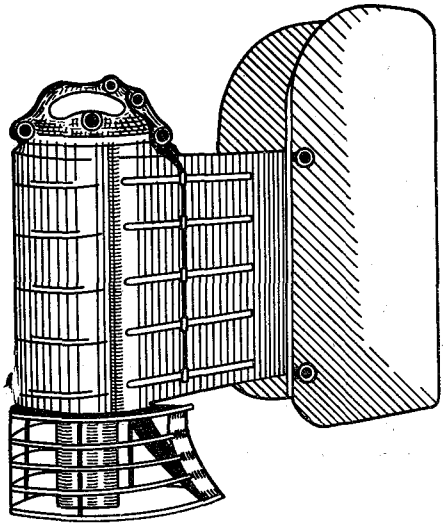


Рис. 15.1. Самописец течений БПВ-2р.

К корпусу прибора крепится руль[1], который состоит из двух пластин *1* и обтекателей *3*. Обтекатели крепятся к корпусу прибора двумя шпильками *23* с загнутыми концами, которые продеваются в отверстия в приливах у горловины корпуса и на верхней плате основания и запираются путем поворота шпилек вокруг оси. Рулевые пластины укреплены на концах обтекателей при помощи держателей *2* и установлены под углом 8° друг к другу (вершиной угла навстречу течения). Для уменьшения сопротивления потоку к передней части корпуса прикреплен лобовой обтекатель *15*.

Прибор подвешивается к тросу с помощью цепочки *18*, состоящей из пяти чекелей, которая крепится к рукоятке. Между чекелями этой цепочки вставлены разделительный изолятор *17* и верт-

[1] При измерениях скоростей меньше 3,5 см/с рекомендуется применять большой однолопастный руль размером 98×47×0,6 см, изготовленный из органического стекла.

люг *16*. Вертлюг присоединен к корпусу вертушки при помощи гайки, под которую подложена шайба. Чтобы гайка не отвинтилась, в одну из прорезей ее вставлен шплинт.

Разделительный изолятор изготовлен из пластмассы и предназначен для предохранения латунных деталей корпуса от непосредственного соприкосновения со стальным тросом, на котором подвешивается прибор. Это значительно уменьшает корродирование троса при его длительном нахождении в морской воде. Изолятор имеет две петли — стальную и латунную. В сторону троса должна быть направлена стальная петля, а в сторону прибора — латунная.

Для обеспечения легкости вращения прибора на вертлюге слу-

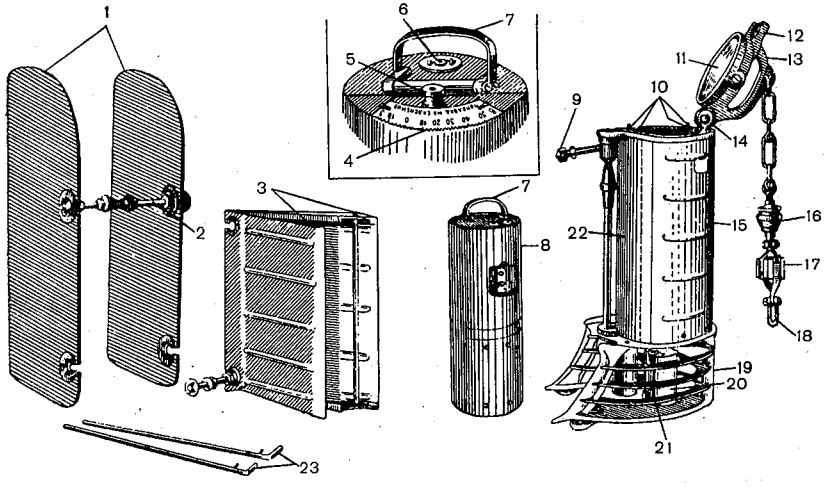


Рис. 15.2. Основные узлы самописца течений Ю. К. Алексеева.

1 — пластины руля, *2* — держатель, *3* — обтекатели, *4* — шкала поправок на склонение, *5* — гайка, *6* — дисковый замок, *7* — откидная ручка, *8* — корпус регистрирующего механизма, *9* — откидной болт с гайкой, *10* — ограничительные штифты, *11* — крышка, *12* — вилка, *13* — рычаг-рукоятка, *14* — петля, *15* — лобовой обтекатель, *16* — вертлюг, *17* — разделительный изолятор, *18* — цепочка, *19* — ограждение крылатки, *20* — крылатка, *21* — ось крылатки, *22* — корпус, *23* — шпильки.

жит радиально-упорный шарикоподшипник, находящийся в разъемном чехле, наполненном вазелином или тавотом. При порче этого подшипника от коррозии или от механических повреждений он может быть легко заменен запасным.

При исправном состоянии этого подшипника точность установки прибора в потоке не зависит от степени закручивания троса и может быть обеспечена при скорости потока 3,5 см/с с ошибкой не более $\pm 8°$.

Система подвески прибора БПВ-2р к тросу рассчитана на нагрузку до 100 кг.

Собранный прибор в подвешенном состоянии в воздухе имеет наклон от вертикали в сторону рулей на 3—4°.

К основанию прибора прикреплен откидной рым, к которому может быть подвешен концевой груз. Лопастный винт прибора

БПВ-2р состоит из трех или пяти металлических лопастей в форме полуцилиндров с полусферическими закругленными концами, укрепленных на вертикальной оси *21* при помощи спиц. В приборах последних выпусков лопастные винты изготовляются из пластмассы. Лопастный винт вращается в корундовых подшипниках. Один из этих подшипников ввинчен в днище корпуса прибора, а другой закреплен на нижнем конце винта и вращается вместе с этой осью. В отверстия этих подшипников входят направленные своими рабочими концами вверх, керны, расположенные на верхнем конце винта и на плате основания прибора. Подобное расположение подшипников и кернов у приборов БПВ-2р значительно уменьшает возможность попадания внутрь корундовых подшипников мелких песчинок из потока и увеличивает длительность их службы. В верхний конец оси винта ввинчен керн. Другой керн помещен в колонку, ввинченную в нижнем основании прибора, откуда он выдвигается при помощи пружины вверх и поддерживает ось прибора. Подпятники и керны легко заменяются запасными.

Вращение лопастного винта *1* (рис. 15.3) передается при помощи магнитной муфты через водонепроницаемое днище *2* корпуса (на рисунке днище показано в виде пластинки) регистрирующему механизму, находящемуся внутри корпуса.

Магнитная муфта состоит из двух одинаковых магнитов *23*, один из которых насажен на ось лопастного винта и вращается вместе с ним, а другой на ось валика регистрирующего механизма. При вращении лопастного винта один магнит ведет за собой второй магнит, находящийся внутри корпуса.

Регистрирующий механизм 8 (рис. 15.2) состоит из следующих устройств: управляющего, лентопротяжного и печатающего.

Регистрирующий механизм размещен на металлическом цилиндре (рис. 15.2), внутри которого находятся пружинный завод и основные шестерни часового механизма, и сверху закрывается металлическим чехлом, состоящим из двух половинок, соединенных петлей. Он легко вынимается из корпуса прибора. На верхней торцевой части чехла расположены: откидная ручка *7* для переноски механизма, дисковый замок *6*, предназначенный для запирания механизма в корпусе прибора, шкала поправок на склонение *4* и гайка *5* для крепления чехла на цилиндре.

Для открывания чехла регистрирующего механизма необходимо отпереть крючок и откинуть наверх переднюю половину чехла. При необходимости доступа к деталям регистрирующего механизма, закрытого задней стенкой чехла, последний может быть снят, для чего следует отвинтить гайку и, откинув переднюю половину чехла, снять чехол целиком, осторожно сдвигая его вверх вдоль по направляющим пазам, находящимся на главной плате механизма.

При транспортировке прибора регистрирующий механизм перевозится вставленным в корпус. Для извлечения регистрирующего механизма из корпуса сдвигают дисковый замок и вытягивают механизм за ручку.

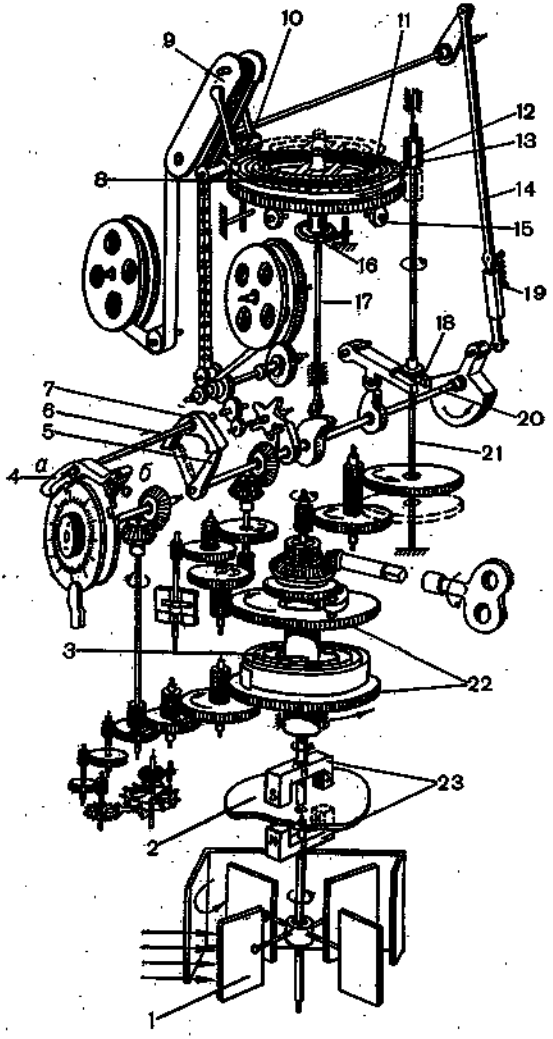


Рис. 15.3. Кинематическая схема самописца течений БПВ.

1 — лопастный винт, *2* — водонепроницаемое латунное днище, *3* — заводная пружина, *4* — спусковая собачка с зубцами «а» и «б», *5* — поводок, *6* — ось спусковой собачки и анкерной вилки, *7* — анкерная вилка, *8* — резиновые шрифты, *9* — печатающая каретка, *10* — фетровый валик, *11* — картушка, *12* — диск скоростей, *13* — трибка, *14* — шатун, *15* — ролики, *16* — держатель, *17* — толкатель, *18* — вилка, поднимающая ось с трибкой, *19* — пружина шатуна, *20* — кулачковый валик, *21* — ось трибки, *22* — основные шестерни часового механизма, *23* — магниты.

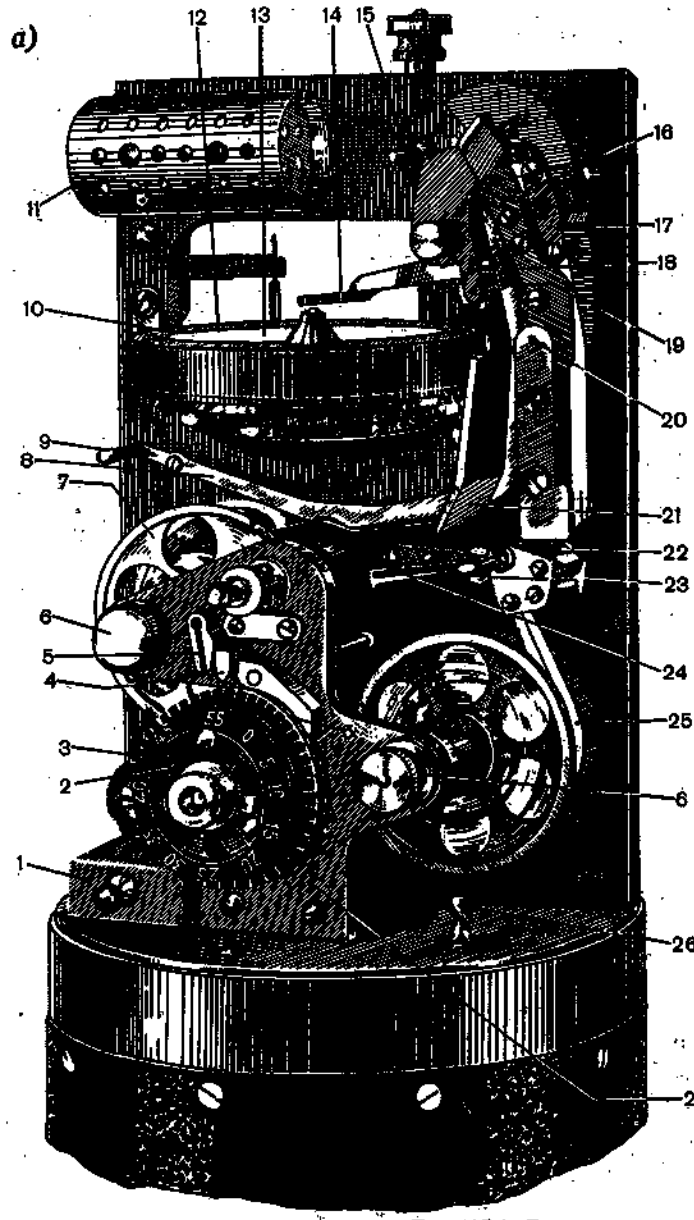


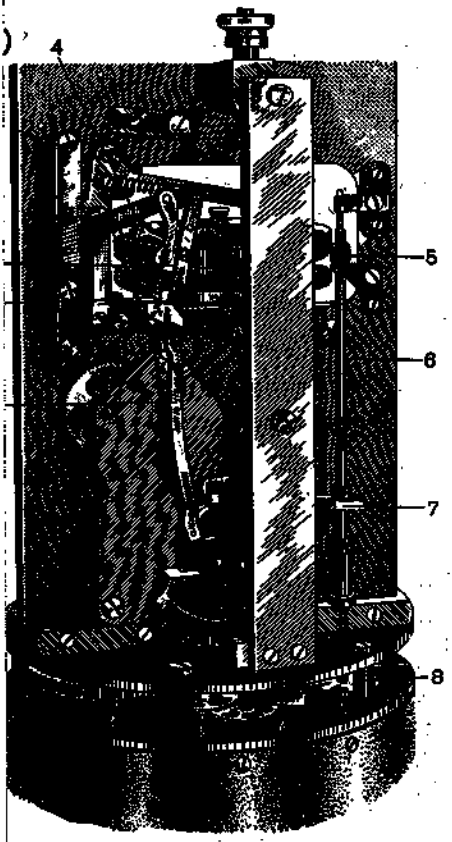
Рис. 15.4. Регистрирующи

а — вид спереди: *1* — балансир часов, *2* — звездообразная пружинна шайба, *3* — минутный диск, *4* — установочный индекс, *5* — спусковая со бачка с зубцами *а* и *б*, *6* — оси катушек, *7* — катушка, *8* — качающийс тормоз, *9* — рукоятка качающегося тормоза, *10* — диск скоростей, *11* — влагопоглотитель, *12* — резиновые шрифты, *13* — диск направлени *14* — предохранительная лапка, *15* — направляющая шпилька, *16* — вы ступающий козырек, *17* — печатающая каретка, *18* — держатель, *19* — фетровый валик, *20* — неподвижный ролик, *21* — выступающий козырек *22—23* — зубчатые ролики, *24* — рукоятка отжимного зубчатого ролика *25* — катушка, *26* — арретир, *27* — управляющий диск;

Кинематическая схема прибора показана на рис. 15.3. Общий вид регистрирующего механизма со снятым чехлом показан на рис. 15.4.

Регистрирующий механизм приводится в движение двумя последовательно соединенными пружинами *3* (рис. 15.3) патефонного типа (на рис. 15.3 показана только одна пружина). Усилие пружин при помощи шестерен *22* одновременно передается часовому механизму и печатающему устройству.

Часовой механизм приводит в движение управляющее устройство. Основными деталями последнего являются управляющий и минутный диски со звездообразной пружинной шайбой *2* (рис. 15.4) и установочный индекс *4*. Оба диска соединены между собой шпилькой. Они насажены на ось часового механизма и делают один оборот в час, вращаясь против часовой стрелки.



Механизм.

— вид сзади: *1* — шатун, *2* — спиральная пружина шатуна, *3* — ролики, *4* — регулировочный винт прижатия каретки к шрифтам, *5* — трибка, — ось трибки, *7* — вилка, поднимающая ось с трибкой, *8* — маховик-ветряк.

Минутный диск *3*, скрепленный с управляющим, разделен на 60 делений, соответствующих минутам часа. Он устанавливается по эталонным часам и позволяет контролировать правильность хода часового механизма прибора. Момент начала работы прибора устанавливают путем поворота от руки против часовой стрелки обоих дисков, подобно тому как переводятся стрелки обычных часов. Указателем времени служит индекс, против которого ставят необходимое деление шкалы минутного диска, соответствующее минуте часа по показаниям эталонных часов. При повороте дисков следует давать механизму срабатывать в моменты западения зубцов спусковой собачки *5* во впадины управляющего диска.

Для регулирования хода часового механизма служит балансир *1*, закрывающийся чехлом. Чтобы снять чехол балансира, следует потянуть его на себя за имеющуюся на нем ручку.

Управляющий диск состоит из двух скрепленных между собой ободов. Они служат для установления интервала времени между измерениями течения.

По краю управляющего диска имеются два ряда впадин (рис. 15.5). Впадины каждого ряда отстоят друг от друга на некотором расстоянии, которое соответствует интервалу времени между отпечатками на ленте. Это расстояние, а, следовательно, и количество прорезей зависят от того интервала, для которого предназначен диск. На каждом диске этот интервал времени указан цифрами (5, 10, 15, 20, 30, 60 мин). В комплекте прибора имеется 6 таких дисков, которые предназначены для работы в диапазоне скоростей течения до 148 см/с (метка на диске «1,5 м».) По особому заказу может быть изготовлен второй комплект дисков для измерения скоростей течения до 296 см/с. При работе с этими дисками истинные значения скоростей течения получаются путем умножения на два напечатанных показания прибора на ленте.

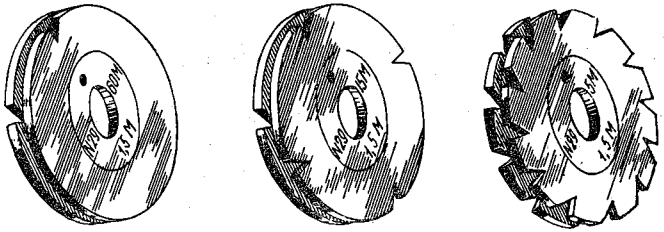


Рис. 15.5. Управляющие диски самописца.

Оба ряда впадин в свою очередь сдвинуты друг относительно друга на некоторое расстояние, соответствующее времени экспозиции.

По ободу управляющего диска скользит спусковая собачка 4 с двумя зубцами *а* и *б* (рис. 15.3), причем зубец *а* скользит по внешнему ряду впадин, а зубец *б* — по внутреннему ряду. Так как оба ряда впадин смещены относительно друг друга, то зубец *б* встретит впадину только через некоторое время (время экспозиции) после зубца *а*. Встречая впадину, каждый зубец собачки западает в нее. Собачка насажена на ось *6*. На ту же ось насажена анкерная вилка *7*, имеющая также два зубца *а* и *б*. Когда зубец *а* собачки западает во впадину, зубец *а* анкерной вилки опустится и задержит поводок *5*, укрепленный на распределительном валике *20* (поводок займет положение, обозначенное на рисунке пунктиром), и остановит вращение валика. Когда же во впадину западет зубец *б*, собачки *4*, зубец *а* анкера *7* освободит поводок *5*, валик будет вращаться до тех пор, пока поводок не будет задержан зубцом *б* анкерной вилки.

На распределительном валике *20* насажен эксцентрик, связанный с осью *21* при помощи вилки *18*. Ось при помощи шестерен сцеплена с магнитом *23* и вращается все время вместе с ним под действием течения. При вращении валика *20* ось *21* то поднима-

ется, то опускается. Когда зубец *а* собачки *4* впадает во впадину, ось *21* опускается, входит в сцепление при помощи надетой на нее трибки *13* с диском скоростей *12*, установленном на вертикальной оси на трех роликах *15*, и приводит его во вращение (на рисунке это положение оси показано пунктиром). Сцепление с диском скоростей продолжается до тех пор, пока зубец *б* анкера *7* задержит поводок *5*. В этот момент ось *21* поднимется и выйдет из сцепления с диском скоростей *12*. Последний под действием спиральной пружины, расположенной под ним, возвращается в исходное (нулевое) положение.

На диске скоростей сделано углубление, в котором помещается картушка *11*, разделенная на градусы. Картушка надета агатовым подпятником на острие иглы, прикрепленной к рычагу (толкателю) *17*, связанному с эксцентриком, насаженным на валике *20*. Когда ось *21* опущена и находится в сцеплении с диском скоростей *12*, картушка *11* поднимается на игле и займет под действием двух цилиндрических магнитов, находящихся под ней, определенное положение относительно магнитного меридиана (линия С—Ю на картушке будет находиться в плоскости магнитного меридиана). Над картушкой находится рычаг *14* (рис. 15.4 *а*), служащий для удерживания ее на острие иглы, и направляющая шпилька *15*. После освобождения поводка *5* (см. рис. 15.3) благодаря вращению распределительного валика картушка опустится в гнездо диска скоростей, при этом линия С—Ю останется в плоскости магнитного меридиана (диск скоростей в этот момент будет еще находиться в сцеплении с осью *21*).

На верхних плоскостях диска скоростей и картушки наклеены резиновые шрифты *8*. Когда картушка находится в гнезде диска скорости, резиновые шрифты на ней лежат в одной плоскости со шрифтами диска *12*.

Над диском скоростей *12* расположена печатающая каретка *9*. Она связана при помощи шатуна *14* с эксцентриком, находящимся на распределительном валике *20*. Под действием шатуна каретка поворачивается на угол 70—80°. К каретке шарнирно прикреплен валикодержатель с фетровым валиком *10*, пропитанным несохнущей штемпельной краской.

При вращении распределительного валика, после того как картушка опустится в гнездо диска *12*, каретка будет также опускаться. При этом опускается валикодержатель и валик *10*, прокатываясь по шрифтам, смазывает их краской. При дальнейшем опускании каретки, она прижмет к шрифтам ленту и на ней производится оттиск шрифтов, показывающих скорость и направление течения.

Качество отпечатка и степень прижатия ленты к шрифтам регулируется в механизме путем изменения длины шатуна *14* и натяжения его пружин *19*.

Лентопротяжный механизм работает следующим образом. Вращение распределительного валика *20* при помощи лентопротяжной шестерни через ряд промежуточных шестерен передается зубчатым

роликам *22* и *23* (рис. 15.4) и диску, ободок которого оклеен сук ном. Катушка *25* (рис. 15.4 *а*) прижимается осью к ободку этог диска и вращается вместе с ним. Зубчатые ролики *22* и *23* протя гивают ленту, а катушка наматывает ее на себя. Лента проходи от катушки *7*, вращающейся свободно на своей оси *6*, через роли на печатающей каретке между зубчатыми роликами на катушке *25*

Каждая катушка состоит из двух разъемных дисков. Передни диск своей осью входит во втулку заднего и в таком виде удер живается благодаря трению. Во втулке заднего диска имеетс прорезь, в которую вставляют ленту при ее заправке.

Взаимодействие механизмов прибора при работе. Весь цикл ра боты прибора можно разделить на два этапа: экспозиция и ин тервал.

В первый этап работы отдельные части прибора производя следующие операции: 1) зубец *а* собачки *4* (рис. 15.3) западае во впадину на ободке управляющего диска; 2) зубец *а* анкера останавливает движение поводка *5* и вместе с ним распредели тельного валика *20*; 3) ось *21*, связанная с магнитом *23*, опускаетс вниз и входит в сцепление с диском скорости *12*; последний по действием течения начинает вращаться; 4) картушка поднимаетс на игле и занимает соответствующее положение относительно маг нитного меридиана; 5) лента продвигается. Этот этап длится до те пор, пока управляющий диск не повернется на такой угол, что зу бец *б* собачки *4* западет в соответствующую впадину.

В течение второго этапа работы: 1) лента продвинется еще остановится; 2) картушка опустится в гнездо и окажется непо движной; плоскость шрифта картушки на одинаковой высот с плоскостью шрифта скоростей; 3) печатающий валик *10* смаже шрифты краской; при дальнейшем опускании печатающей каретк *9* лента прижмется к шрифтам и на ней получится оттиск циф (данных измерений); 4) печатающая каретка поднимается в верх нее положение; 5) ось выйдет из сцепления с диском скоростей диск скоростей вернется в нулевое положение.

Через определенный промежуток времени работа механизм вертушки начнет повторяться в той же последовательности.

Устройство самописца течений БПВ-2. Общий вид самописц течений БПВ-2 показан на рис. 15.6. Регистрирующий механиз в вертушках БПВ-2 и БПВ-2р одинаков, поэтому принцип работы проверка прибора, подготовка к работам, уход за прибором, про изводство наблюдений и их обработка в обеих вертушках одн и те же.

Самописец БПВ-2 отличается от самописца БПВ-2р конструк цией корпуса, лопастного винта и рулевого оперения.

Корпус прибора представляет собой толстостенный пустотелы латунный цилиндр *18* с днищем, укрепленный ребром жесткости *19* Корпус установлен на массивном основании, состоящем из верх ней *17* и нижней *15* пластин, соединенных между собой стойками *12* Между пластинами *17* и *15* находится четырехлопастный вин *14* из органического стекла, имеющего удельный вес, близки

удельному весу морской воды. Ось винта вращается в корунковых подпятниках, один из них ввинчен в днище корпуса, а другой — в нижний конец оси винта. В верхний конец оси винта ввинчен керн. Другой керн помещен в колонку, ввинченную в пластину *5*, откуда он выдвигается при помощи пружины вверх и поддер-

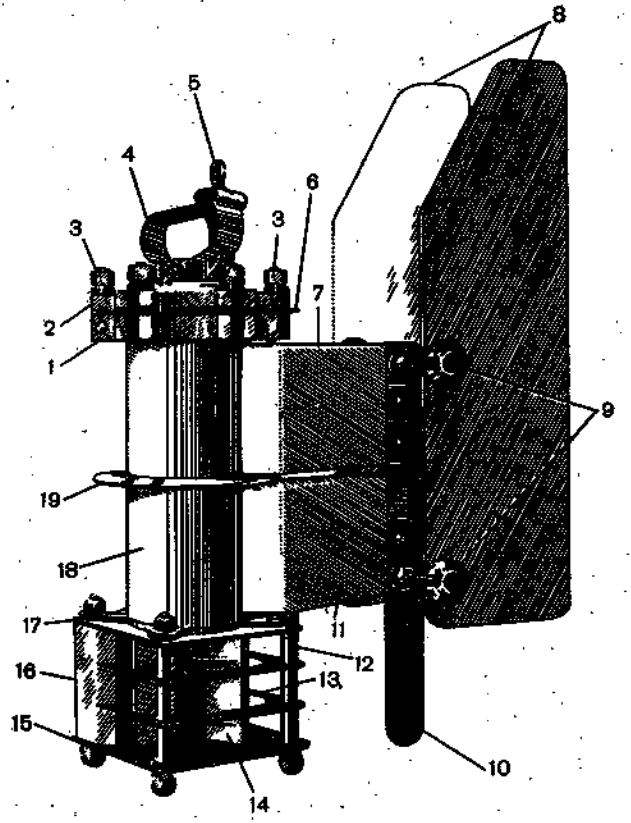


Рис. 15.6. Самописец течений БПВ-2.

1 — фланец, *2* — крышка, *3* — гайки с болтами, *4* — ручка, *5* — вертлюг, *6* — шпильки, *7* — верхние обтекатели, *8* — пластины, *9* — стяжные болты, *10* — костыль, *11* — нижние обтекатели, *12* — стойка, *13* — решетка, *14* — четырехлопастный винт, *15* — нижняя пластина, *16* — экран, *17* — верхняя пластина, *18* — корпус прибора, *19* — ребро жесткости.

кивает ось прибора. Подпятники и керны могут легко заменяться запасными. Винт частично прикрыт экраном *16*, так что поток действует только на одну его половину (на полдиаметра), что обусловливает его вращение. Для предохранения от механических повреждений лопастной винт обнесен решеткой *13*, которая открывается со стороны противоположной экрану. Сверху корпус герметически закрывается крышкой *2* с резиновой прокладкой, которая прижимается к фланцу *1* шестью болтами с гайками *3*. На крышке прибора укреплена ручка *4* для переноски прибора и вертлюг *5*

для подвешивания его к тросу. К корпусу прибора с помощы двух вставных шпилек *6* крепится руль, состоящий из двух пла тин *8* и четырех обтекателей, двух верхних *7* и двух нижних *1* Детали руля скреплены соединительной планкой — костылем *10* стянуты болтами *9*.

Проверка работы прибора и устранение его неисправностей. П ред каждым выездом на работу производят следующие проверк приборов.

Проверка герметичности корпуса прибора. Корпус прибор с завинченной крышкой без регистрирующего механизма и рул погружают на несколько часов на глубину до 250 м для БПВ-2 и 1200 м для БПВ. Для определения места, где происходит теч рекомендуется вкладывать при проверке внутрь корпуса свернуты в трубку лист бумаги, натертый сухим порошком синьки. Бумаг должна плотно прилегать к стенкам корпуса по всей длине. Пр обнаружении течи в верхней части корпуса, если крышка при это была достаточно плотно завинчена, следует заменить прокладк

Проверка вертлюга. Проверяют состояние шарикового подши ника вертлюга, смыв для этого смазку бензином. При исправно состоянии подшипника на кольцах и шариках его не должно бы следов коррозии и внешних повреждений; вращение его на ос должно происходить плавно, без заеданий и хруста. Неисправны подшипник заменяют запасным. Проверяют, заполнен ли чехо вертлюга вазелином или тавотом, и при недостаточном количест пополняют его. После заполнения чехла вертлюга смазкой уд ляют ее избыток и проверяют плавность вращения вертлюга. З состоянием вертлюга необходимо постоянно следить, так как до рокачественная работа прибора во многом зависит от исправно состояния вертлюга.

Проверка лопастного винта. Проверяют правильность форм лопастей винта, балансировку лопастей и легкость его вращени

Лопасти винта не должны иметь никаких следов внешних п вреждений, погнутостей и др., так как это может сказаться на т рировочных характеристиках прибора. Правильно установленн винт должен вращаться совершенно свободно и иметь осевой люф в пределах 0,3—0,5 мм, что может быть проверено путем осторо ного перемещения оси винта вверх и вниз.

Правильность балансировки винта может быть проверена путе наклона прибора на 10—15° в разных направлениях. При правил ной балансировке лопасти винта при наклонах прибора не сдв гаются. Эта проверка производится без установки регистрирун щего механизма в корпус прибора.

Для проверки легкости вращения лопастного винта в корп прибора вставляют регистрирующий механизм со снятым чехло При поднятой картушке осторожно проворачивают вручную пр тив часовой стрелки (смотря сверху) диск скоростей. При испра ном приборе вращение диска, переданное через магнитную муфт повернет винт на несколько оборотов. Если винт вращается с тр дом, проверяют, не засорено ли пространство между нижним ма

нитом и днищем корпуса, и в случае необходимости прочищают его. Если это не поможет, то винт вынимают и проверяют состояние кернов и подпятников. Для этого специальным ключом выворачивают колонку, поддерживающую острие, на котором вращается ось винта. После этого опускают ось настолько, чтобы имеющаяся на ее верхнем конце магнитная муфта вышла из своего гнезда в дне корпуса, затем вынимают винт.

При неисправности подпятников (трещины, выбоины) или кернов (погнутости, поломки, следы истирания) их заменяют запасными, имеющимися в комплекте прибора. После замены вновь проверяют легкость вращения и осевой люфт винта и, если потребуется, регулируют высоту нижнего подпятника.

Проверка силы сцепления магнитной муфты и *внутренних передач в регистрирующем механизме.* В корпус прибора вставляют регистрирующий механизм. Механизм ставят на экспозицию, выключают часовой механизм при помощи арретира *26* (рис. 15.4 *а*), находящегося на плате часового механизма, и вращают лопастный винт. Если передачи и диск скоростей исправны, а сила сцепления магнитной муфты достаточна, то диск скоростей при плавном вращении лопастного винта должен повернуться на 360° — до упора. Если этого не произойдет, передаточный механизм или диск скоростей неисправен, либо недостаточна сила сцепления магнитной муфты. В этом случае проверяют, не погнута ли ось *21* (см. рис. 15.3), не повреждены ли трибка *13* и диск скоростей, не загрязнены ли зубья у трибки и у диска скоростей, во всех ли положениях трибка свободно входит в зацепление с диском скоростей, свободно ли вращается диск скоростей, когда он находится в зацеплении с трибкой. Если все это исправно, но диск скоростей вращается не равномерно, а рывками, то это означает, что магнитная муфта не имеет достаточной силы сцепления, и прибор следует сдать в ремонт.

Проверка компасной картушки. Необходимо убедиться в свободном вращении картушки на игле в период экспозиции. Для этого производят серию отпечатков. Регистрирующий механизм при этом не должен менять своего положения. Поднимаясь на игле и затем по окончании экспозиции возвращаясь в гнездо на диске скоростей, картушка из-за трения на игле каждый раз садится в другом положении. У исправного прибора при нормальной для средних широт напряженности магнитного поля Земли этот разброс в показаниях не должен превышать 1°. Если он превосходит 1°, это означает, что размагнитились магниты картушки или игла затупилась. В первом случае следует сменить картушку. Для этого арретируют часовой механизм (картушка в момент арретирования должна находиться в гнезде), затем осторожно приподнимают рычаг *14* (рис. 15.4 *а*), расположенный над картушкой (при этом поднимается и картушка с иглой), и оттягивают его в сторону, противоположную печатающей каретке (картушка при этом опустится вместе с иглой в свое гнездо). Затем осторожно извлекают пинцетом картушку, не задевая рычага. Во втором случае следует

сменить иглу, для чего снимают картушку. Затем, оттягивая рычаг в сторону, противоположную печатающей каретке, вынимают пинцетом иглу и заменяют ее запасной. После этого устанавливают картушку на место и проверяют ее работу.

Кроме этой проверки следует также определить точность установки картушки по магнитному меридиану, т. е. определить девиационные ошибки, вызванные случайным намагничиванием деталей прибора. Для этого производят несколько отпечатков при различных известных положениях прибора относительно магнитного меридиана. Обычно девиационные ошибки определяют по основным восьми румбам. Направления, по которым будет ориентирован прибор, предварительно определяются с помощью компаса или буссоли. Затем прибор ориентируют по каждому из намеченных румбов, получают несколько отпечатков на каждом румбе. Девиационные ошибки в показаниях исправного прибора, вызванные случайным намагничиванием деталей, при нормальной для средних широт напряженности магнитного поля Земли не должны быть больше 4°.

Проверку компасной картушки производят вдали от каких-либо железных масс и отнюдь не на борту судна.

Проверка диска скоростей. Проверяют, возвращается ли диск по окончании экспозиции под действием возвратной пружины в исходное (нулевое) положение. Проверку производят отдельно на вынутом из корпуса регистрирующем механизме. Механизм устанавливают в положение, когда его компасная картушка поднята и затем диск скоростей осторожным вращением вручную в направлении против часовой стрелки переводят в крайнее положение, соответствующее наибольшему показанию скорости. Прибор работает исправно, если диск из крайнего положения под действием возвратной пружины, вращая связанные с ним зубчатые колеса передач, повернется обратно на $^1/_4$ часть оборота (или более) и полностью возвращается в исходное нулевое положение, при расцеплении его с осью *21* (см. рис. 15.3) из любого, даже самого малого отклоненного положения.

Проверка лентопротяжного и печатающего устройства. Необходимо сделать 5—10 отпечатков. При исправной работе лентопротяжного и печатающего устройств отпечатки должны получиться четкими и равноудаленными друг от друга. Иногда отпечатки получаются слабыми; это происходит из-за того, что на печатающем валике израсходована или высохла краска, или печатающая каретка слабо прижимается к ленте. В первом случае следует смазать ролик краской, а во втором — отрегулировать каретку при помощи винта *4* (рис. 15.4 *б*). При вывинчивании винта каретка прижимается к ленте и дает более четкий отпечаток. При завинчивании получается обратное действие. В правильно отрегулированном приборе винт в момент прижатия к шрифту печатающей каретки должен отходить от шатуна *1* приблизительно на 1,5 мм.

Если же отпечатки получаются чересчур жирными — причиной может быть слишком обильная смазка печатающего валика или

разжижение краски, то следует удалить старую краску с валика и смазать его новой краской. Жирные отпечатки могут получиться и из-за загрязнения шрифтов. В этом случае следует прочистить шрифты жесткой щеточкой и промыть их водой комнатной температуры.

Если при осмотре печатающей каретки обнаружится, что поврежден валик для краски, то его заменяют запасным. Для этого отвинчивают винт с накатанной головкой, расположенный на держателе валика, лапки держателя при этом разойдутся и валик может быть снят при помощи пинцета. Затем устанавливают запасной валик. После смены валика следует убедиться, что он свободно вращается на своей оси, имея осевой люфт 0,2—0,3 мм.

Вынимать валик иногда приходится и для просушки. После просушки валик, не вставляя в держатель, напитывают краской. Просушку валика в держателе производить не рекомендуется. Валик с краской должен опускаться при наклоне печатающей каретки к шрифтам на наружный край муфты диска скоростей и затем, прокатившись по шрифтам, двигаться далее к центру картушки, не касаясь его поверхности и не размазывая на ней краски. Оба эти условия достигаются регулировкой винта (рис. 15.4 *а*), расположенного на держателе валика *18*.

Если отпечатки на ленте накладываются друг на друга, то следует правильно заправить ленту, пропустив ее между зубчатыми роликами *22* и *23*.

Проверяют, правильно ли намытывается лента на катушку *25*. Иногда лента наматывается слабо или вовсе не наматывается. Это происходит из-за того, что катушка слабо прижимается к диску с суконным ободком, сукно на ободке диска сработалось или смазано маслом. В первом случае усиливают пружину оси катушки *25*, во втором — наклеивают новое сукно на диск.

Иногда при нормальном нажиме каретки механизм в момент отпечатка останавливается. Это может произойти от того, что маховик-ветряк *8* (рис. 15.4 *б*) легко проворачивается на оси. Чтобы увеличить трение маховика, осторожно отворачивают на нем часовой отверткой одну из пружин, подгибают ее внутрь и укрепляют на месте. Иногда нужно такую же операцию проделать и со второй пружиной.

Проверка времени экспозиции. Для проверки времени экспозиции необходимо включить секундомер в момент начала экспозиции и выключить по истечении ее. Произведя такие измерения несколько раз и по нескольким дискам, получают среднее время экспозиции. Время экспозиции не должно отличаться от указанного в паспорте прибора более чем на 5%.

Причинами изменения времени экспозиции могут быть: повреждения управляющего диска, ошибка в ходе часового механизма, нарушение регулировки спусковой собачки *5* (рис. 15.4 *а*), а также ослабление пружинной шайбы *2*, прижимающей к оси минутный и управляющий диски. В последнем случае шайбу следует подогнуть. Время экспозиции регулируют при помощи регулировочного винта

спусковой собачки *5*. При проверке экспозиции пружину регистрирующего механизма следует заводить до половины.

Проверка суточного хода часов. Проверка хода часов прибора осуществляется так же как и проверка хода обычных часов, по радиосигналам времени, хронометру или по выверенным часам. Проверку производят в течение нескольких суток. Прибор подготавливают так, чтобы он производил отпечатки на ленте через каждый час, для этого нужно установить диск с интервалом 60 мин. Пружину регистрирующего механизма заводят до половины.

Первый отпечаток производят в момент сигнала времени по радио. Для этого предварительно устанавливают управляющий диск так, чтобы в момент последнего сигнала его можно было быстро повернуть на такой угол, чтобы зубец *а* собачки *5* попал во впадину.

Все последующие отпечатки, при правильном ходе часов, должны совпадать с каждым последующим сигналом времени по радио или с каждым целым часом по хронометру. Так как на точность часов оказывает заметное влияние температура (до одной минуты в сутки при изменении температуры на 10°), то для большей точности часы рекомендуется выверять при температурах прибора, близких к температуре воды, в которой он будет работать. Ход часов регулируется при помощи регулятора балансира *1*. Если часы отстают, передвигают стрелку регулятора в сторону буквы «П» (прибавить). Если часы спешат, то передвигают регулятор в сторону буквы «У» (убавить). В отрегулированных часах ошибка хода часов за сутки не должна превышать 2 мин.

Устранение прочих неисправностей прибора. Помимо неисправностей прибора, которые обнаруживают и устраняют при проверке его, в процессе работы могут встречаться и другие дефекты:

1) отпечатки скорости на ленте имеют одно значение, например, 0. Если установлено, что скорость измеряемого течения больше начальной скорости прибора, а отпечатки на ленте все же имеют нулевое значение, то причинами этого кроме неисправностей, устраняемых при проверке прибора, может явиться засорение винта (водорослями и т. д.), препятствующее его вращению;

2) скорость течения на ленте печатается, но не превышает определенного значения. Возможными причинами этого является размагничивание муфты или засорение механизма. Прибор в этих случаях следует сдать в ремонт;

3) при резких толчках или ударах по прибору может быть повреждён часовой механизм. Наиболее хрупкой частью механизма является балансир часов, главным образом ломается ось балансира. В экспедиционных условиях сменить балансир может наблюдатель.

Смена балансира производится при спущенной заводной пружине. Для спуска пружины включают механизм арретиром *2* (рис. 15.4 *а*), снимают управляющий диск, катушки с лентой и компасную картушку. Затем пускают вхолостую печатающее уст

ойство, притормаживая его при этом. Торможение производится чень осторожно, вручную, за маховичок с задней стороны механизма или за одно из зубчатых колес передачи. После спуска пружины предотвращают дальнейшее вращение зубчатых колес передачи к балансиру с помощью клочка мягкой бумаги, подложенного под обод колеса. После этого отворачивают винты и снимают балансир. После удаления испорченного балансира необходимо застормозить колеса часового механизма, дать им, осторожно притормаживая, проработать, пока окончательно не исчерпается весь запас завода пружин. Затем приступают к установке запасного балансира.

Устанавливать новый балансир необходимо с большой осторожностью, избегая грубого нажатия его трибки на зубчатое колесо проверяя состояние зацепления этого колеса с балансиром путем робных осторожных нажатий по ходу вращения на одно из зубатых колес передачи часового механизма.

Механизм балансира, войдя своей трибкой в зацепление с ведущим колесом, обычно сразу начинает действовать при попытке ращать колеса передач механизма.

В этом положении можно поставить на место оба винта крепления балансира, оставив их немного (на 0,1—0,2 мм) незавернуыми. При правильной установке балансира радиальный зазор зацеплении трибки и ведущего колеса должен быть в пределах т 0,05 до 0,1 мм. Для того чтобы добиться такого зазора, необходимо нащупать осторожно положение балансира, при котором убья ведущего колеса подходят вплотную к зубьям трибки (это щущается по затрудненной работе балансира при попытке привести его в действие через передачи в механизме). Затем завертывают в этом положении до конца винт крепления балансира, ближий к вертикальной плате механизма. После этого осторожно овертывают вокруг этого винта весь механизм балансира на небольшой (10—15°) угол по часовой стрелке, смотря сверху, давая им зазор между вершинами зубьев трибки балансира и впадинами зубьев ведущего колеса в пределах от 0,05 до 0,1 мм. Отход рибки от ведущего колеса при этом повороте может быть прослеен по перемещению края платы балансира относительно пометки ли риски, сделанной на основной плате механизма прибора. После этой операции привертывают второй винт крепления баланра к плате прибора. При правильной установке балансира и отсутствии иных повреждений в механизме часов прибора работа новь установленного балансира должна начинаться после двухех оборотов заводного ключа.

Уход за прибором. Буквопечатающие вертушки требуют тщаельного ухода и бережного обращения. Основные правила обраения сводятся к следующему:

1) предохранять прибор от ударов;

2) содержать в чистоте регистрирующий механизм. Без необхоимости чехол механизма не снимать. Механизм рекомендуется стоянно держать в корпусе прибора. При работе воздух внутри

корпуса необходимо осушать с помощью селикагеля, помещенного в решетчатый пенал *11* (рис. 15.4 *а*). Чистят механизм мягкой волосяной кисточкой;

3) следить за чистотой шрифта. Промывать шрифт можно только пресной водой, температура которой не выше комнатной. Чистку производят жесткой щеткой, входящей в комплект прибора;

4) не допускать отпотевания деталей регистрирующего механизма. Для этого не надо вскрывать только что поднятый прибор из воды до тех пор, пока он не примет температуру окружающего воздуха; не допускать резких колебаний температуры, закрывать в случае необходимости механизм суконным чехлом; постоянно следить за селикагелем (он должен иметь синий оттенок) и своевременно (при приобретении им розового оттенка) заменять его свежим или прокаливать его. Если регистрирующий механизм все же сильно отпотел, его необходимо просушить в теплом помещении со снятым чехлом, без крышки балансира и защитного кольца;

5) разборку и особенно регулировку прибора производить только в крайне необходимых случаях. Ни в коем случае нельзя поручать разборку и регулировку прибора лицам, недостаточно знакомым с его устройством. Все неисправности, поломки прибора, а также все работы, связанные с разборкой, ремонтом и регулировкой его, необходимо фиксировать в паспорте прибора на специально отведенных для этого листах;

6) если в прибор попала морская вода, надо немедленно после подъема промыть регистрирующий механизм пресной водой с температурой около 30—40°, с добавлением в нее небольшого количества мыла. Эта промывка может быть произведена в самом корпусе прибора, в который наливается вода и опускается целиком регистрирующий механизм со снятым чехлом. После промывки механизм необходимо тщательно просушить, по возвращении на базу прибор сдать в ремонт;

7) по окончании работ на станции корпус прибора промыть пресной водой, протереть насухо и после разборки уложить в ящик. Регистрирующий механизм хранить в корпусе прибора или в специальной стойке в лаборатории. Часовой механизм выключить. Компасная картушка должна находиться в гнезде диска скоростей. На базе прибор хранить в ящике. Пружина часового механизма должна быть спущена. Все никелированные части, а также резьбу болтов смазать вазелином. При транспортировке прибор обернуть бумагой, рулевые пластины и обтекатели переложить ветошью. Пружину часового механизма спустить. При перевозках на большие расстояния укладочные ящик с прибором запаковать в деревянный транспортировочный ящик.

Подготовка прибора к работе. Подготовку прибора производят в следующем порядке:

а) готовят регистрирующий механизм; б) собирают руль и присоединяют его к корпусу; в) устанавливают регистрирующий механизм в корпус прибора; г) закрывают прибор крышкой; д) подвешивают прибор к тросу.

Подготовка регистрирующего механизма.

1) Устанавливают управляющий диск. Выбор диска производится в зависимости от интервала времени между измерениями и диапазона скоростей течения, в котором предполагается использовать прибор. В книжку для записи наблюдений записывают метку, имеющуюся на диске, и интервал времени между наблюдениями. Управляющий диск устанавливают в следующей последовательности:

выключают печатающий механизм, затем слегка нажимают пальцем втулку (см. рис. 15.4 *а*) и поворачивают ее против часовой стрелки; снимают с оси пружинную шайбу *2*, минутный диск *3* и управляющий диск *27*. После этого устанавливают новый диск таким образом, чтобы сторона его с написанными цифрами была обращена наружу; надевают минутный диск, совместив его установочную шпильку с отверстием на управляющем диске; затем надевают пружинную шайбу и запорную втулку и укрепляют последнюю, вращая ее, как при снятии, против часовой стрелки. Устанавливать диск рекомендуется в моменты, когда спусковая собачка *5* не прижата к диску своим зубцом *а*. Для этого следует выключить печатающий механизм в тот момент, когда печатающая каретка начнет двигаться, чтобы сделать отпечаток.

Перед установкой в механизм тщательно осматривают управляющий диск, чтобы установить, нет ли на нем выбоин и заусениц, которые могут служить причиной остановки механизма. По окружности диск смазывают тонким слоем масла. При снятии и установке диска нельзя сильно деформировать пружинную шайбу, так как диск может вследствие этого буксовать.

2) Вставляют ленту в прибор. Запас ленты в приборе рассчитан на производство 1500 отпечатков. Для работы применяется телеграфная бумажная лента длиной до 16 м, шириной 10 мм, толщиной не более 0,08 мм. На одной стороне ленты, посередине ее нанесена цветная линия. При отсутствии ленты с нанесенной линией ее можно нанести самим; для этого ленту вставляют в телеграфный аппарат или индулятор, резервуар для чернил заполняют цветными (желательно красными) чернилами и под нажимом пера, установленного строго посередине, перематывают ленту с одной катушки на другую.

Заряжают ленту следующим образом: снимают с оси катушку *7* (рис. 15.4 *а*), оттянув для этого на себя ось *6*. Разъединяют диски катушки и вставляют в прорезь втулки заднего диска конец ленты. После этого диски соединяют. Наматывают ленту на катушку против часовой стрелки, так чтобы линия, нанесенная на ленте, была снаружи. Надевают катушку с лентой на ось. Конец ленты продевают под тормоз *8*, приподнимая его легким нажатием на рукоятку *9*. Затем пропускают ленту с правой стороны ролика *20* и обводят ею второй ролик. Для удобства заправки ленты в ролики печатающей каретки устроены два выступающих козырька *16*, *21*.

Ленту по выходе с печатающей каретки протягивают вниз и пропускают в прорезь между тянущими роликами *22* и *23*. Для

этого ленту заводят сначала за рукоятку *24*, а затем в зазор между роликами. Ролик *22* является прижимным и может быть отведен в сторону путем поворота рукоятки вверх вправо. При отведенном ролике протягивают ленту на 20—30 см, конец ее закрепляют в прорези втулки катушки *25*. После этого катушку ставят на место и выбирают слабину ленты, вращая катушку вправо (по часовой стрелке). Черта, нанесенная на ленте, при этом должна быть снаружи. После выборки слабины рекомендуется намотать на катушку дополнительно 10—15 см ленты из механизма, вращая катушку за реборду и приподняв прижимной ролик *22*.

После зарядки проверяют правильность установки ленты, прохождение ленты через ролики и степень зажатия ее зубчатыми роликами *22* и *23*, так как неверная заправка может отразиться на подаче ленты, привести к наложению отпечатков друг на друга и даже к остановке механизма.

3) Смазывают краской валик *19*. Для этого, выключив часовой механизм, осторожно поднимают до отказа держатель *18* валика и смазывают валик специальной глицериновой краской. Краску наносят при помощи проволочки или спички, равномерно распределяя ее по всей поверхности валика. Краска должна пропитать весь валик. Излишки ее, собирающиеся в виде капли на нижней поверхности валика, удаляют. После смазки держатель валика осторожно без удара опускают.

4) Заводят пружину регистрирующего механизма. Завод производят при помощи ключа. Заводная головка, на которую надевается ключ, находится в торцевой части механизма. При заводе регистрирующий механизм положить набок и придерживать его рукой. Ключ вращается вправо (по часовой стрелке), плавно, без рывков. Для полного завода производят около 80 оборотов. Момент полного завода пружины определяется по упору ключа, или по ограничителю.

5) Производят контрольные отпечатки. Для этого включают часовой механизм, передвинув арретир *26* (см. рис. 15.4 *а*) до отказа к центру прибора и медленно вращая рукой управляющий диск против часовой стрелки.

При правильной установке управляющего диска отпечаток должен получаться в момент подхода к индексу *4* соответствующих делений минутного диска *3*.

6) Устанавливают минутный диск по эталонным часам. Для этого совмещают деление на минутном диске, соответствующее времени по эталонным часам, с индексом *4*. Например, если по эталонным часам 16 ч 10 мин, то с индексом совмещают 10-е деление минутного диска.

После установки часов по контрольным часам, приподняв прижимной диск *22* сматывают на катушку *25* 3—5 см ленты, чтобы не спутать отпечатки, сделанные при наладке работы механизма, с последующими рабочими отпечатками. Контрольные отпечатки перечеркивают.

7) Делают на ленте отметку и записывают

на ней дату и час. В книжку для записи наблюдений записывают время по контрольным часам соответствующее ему деление на минутном диске и время первого рабочего отпечатка. При определении этого времени следует учесть, что исходным моментом интервала измерений является отметка минутного диска, равная 0 мин. Поэтому, если установлен управляющий диск, расстояние между впадинами которого соответствует 10 мин, то отпечатки будут в 0, 10, 20, 30, 40 и 50 мин каждого часа. При диске с интервалами в 5 мин — в 0, 5, 10, 15 мин и т. д. Если, например, установка минутного диска по контрольным часам произведена в 11 ч 12 мин, то первый отпечаток произойдет при диске с интервалом в 10 мин в 11 ч 20 мин, а при длине с интервалом в 5 мин — в 11 ч 15 мин.

В книжку записывают также номер ленты в виде дроби; в числителе порядковый номер, а в знаменателе номер станций.

Сборку прибора производят следующим образом.

Соединяют и свинчивают обтекатели *3* (рис. 15.2), при помощи гаечного ключа диаметром 22 мм, держателями *2* (гайками, расположенными в их середине), сообразуясь при этом с надписями «вверх», нанесенными на торцевых сторонах обтекателей. Затем к держателям крепятся рулевые пластины *1*, для чего вырезы рулевых пластин подводят под гайки, расположенные на концах держателей, и закрепляют гайки ключом. При установке рулевых пластин руководствуются надписью на них «внутренняя сторона» или цифрами, обозначающими номер прибора, расположенными на внешней стороне рулевых пластин.

Собранный руль крепят к корпусу прибора. Для этого в отверстия, имеющиеся на обтекателях и в отверстия в приливах у горловины корпуса (ушках) и на верхней плате основания прибора продевают шпильки *23*, которые поворачивают так, чтобы их изогнутые концы были обращены к рулям прибора. При этом штифты, расположенные вблизи изогнутых концов шпилек, должны входить в соответствующие выемки в ушках прибора.

Для сборки рулевого оперения самописца БПВ-2 в прорезь соединительной планки-костыля *10* (рис. 15.6) вставляют стяжные болты *9*, надевают на шпильки костыля сначала одну пару (верхнюю или нижнюю) обтекателей (*7* или *11*) и закрепляют их гайками болта *9*, затем то же самое проделывают со второй парой. При этом обтекатели с буквой В (верхний) устанавливают на верхнем конце костыля. Затем гайками на концах стяжных болтов закрепляют рулевые пластины таким образом, чтобы скошенная часть пластин была расположена вверх. Руль крепится к корпусу при помощи вставных шпилек *6*. После этого окончательно подтягивают все гайки.

Установка регистрирующего механизма в корпусе прибора. Перед установкой необходимо убедиться в том, что в корпусе, на основании механизма и на его чехле нет никаких посторонних, случайно попавших предметов, в особенности, частиц железа,

притянутых магнитной муфтой, способных помешать механизму установиться на свое место.

Устанавливают регистрирующий механизм в корпус прибора осторожно, избегая ударов им о стенки и дно корпуса. При установке шпильку в корпусе прибора совмещают с цифрой, соответствующей магнитному склонению в районе работ (шкала поправок на склонение *4* (см. рис. 15.2) находится в верхней части кожуха регистрирующего механизма). При правильной установке шпилька должна войти в соответствующий вырез на шкале, так чтобы она была на одном уровне с верхней поверхностью шкалы. Регистрирующий механизм закрепляется на корпусе поворотом на 180° дискового замка *6*, находящегося на верхней торцевой части чехла регистрирующего механизма. Складную ручку *7* укладывают в сторону этого замка. После помещения механизма в корпус прибора следует избегать больших наклонов прибора, так как это может привести к заклиниванию и остановке печатающего механизма.

Закрытие прибора крышкой. Перед закрытием прибора крышкой проверяют состояние прокладки на крышке и торцевой поверхности стенки корпуса. Прокладка и торцевая поверхность должны быть чисты, без прилипших предметов, царапин, порезов и т. п. На поверхности прокладки должны быть видны рельефные оттиски уплотнительных концентрических канавок, расположенных на торце горловины корпуса. Прокладку перед закрытием насухо протирают, а затем смазывают тальком или натуральным воском. Смазка минеральными маслами, стеарином и т. д. не допускается.

В самописце БПВ-2р крышку во избежании перекосов укладывают между штифтами *10* (см. рис. 15.2), после чего заводят откидной болт *9* в вилку и затягивают гайку болта. Для обеспечения надежной герметизации корпуса прибора нельзя затягивать эту гайку с чрезмерной силой. Пользоваться при этом следует только тем ключом, который входит в комплект прибора.

При закреплении крышки необходимо следить за положением шайбы у откидного болта, так как при небрежной сборке прибора шайба может быть зажатой между корпусом и крышкой, что влечет за собой просачивание морской воды в корпус прибора и порчу регистрирующего механизма.

При закрытии самописца БПВ-2 крышку надевают на фланец корпуса, так чтобы вертлюг был направлен в сторону руля. Затем постепенно затягивают, не прилагая чрезмерно больших усилий, противоположные гайки.

Подвешивание прибора к тросу. Собранный и подготовленный к работе прибор перед опусканием в воду подвергают тщательному внешнему осмотру: проверяют надежность и правильность крепления рулей, правильность закрытия крышки, исправность и легкость вращения лопастного винта. После осмотра прибор соединяют с тросом. Конец троса, к которому подвешивают прибор, должен иметь огон с прочным коушем диаметром не менее 1 см.

При измерении больших скоростей течения (больше 1 м/с

к откидному рыму под нижней платой основания самописца БПВ-2р подвешивают концевой груз весом от 15 до 25 кг. При применении железных и чугунных грузов расстояние между грузом и основанием прибора должно быть не менее 2 м.

Производство наблюдений. Разовые наблюдения за течениями на разных горизонтах производят в следующем порядке:

1) прибор выводят за борт судна и опускают его в воду; в момент соприкосновения лопастного винта с поверхностью воды ставят стрелки блок-счетчика на нуль. Опускают прибор на заданную глубину. Скорости опускания (подъема) прибора не должны превышать 1 м/с;

2) прибор опускают на заданный горизонт не позже чем за 6 мин до производства отпечатка, так как измерение скорости от нулевого положения начинается за 6 мин до момента отпечатка. В противном случае отпечаток следует считать недостоверным;

3) прибор выдерживают на данном горизонте столько времени, чтобы получить на нем не менее двух, а при качке не менее 3—4 достоверных отпечатков. По истечении требуемого времени прибор опускают на следующий горизонт;

4) в книжку для записи наблюдений записывают время начала и конца наблюдений. Началом наблюдений следует считать момент (с точностью до 1 мин), когда прибор достиг горизонта наблюдений. Концом наблюдений считается момент начала подъема на поверхность или спуска на следующий горизонт;

5) в зимнее время следует учитывать, что работа часового механизма прибора при его охлаждении ниже —15°С становится иногда ненадежной. Поэтому прибор следует до момента наблюдений держать в теплом помещении. При невозможности предохранить прибор от охлаждения, его целесообразно подогреть, хотя бы до температуры 5—10°С, поместив его в бак с теплой водой (температура воды в нем должна быть не выше 40°С);

6) по окончании наблюдений прибор следует обмыть пресной водой, и, после того как он примет температуру воздуха, вскрыть его, записать в книжку время по часам наблюдателя и по минутному диску, снять рабочий участок ленты и записать на ней дату и время снятия.

Многосуточные наблюдения за течениями производятся на буйковых станциях (см. гл. 20) или с судна. При работе с судна одновременно несколькими приборами применяется один из следующих способов: 1) каждый прибор опускается на своем тросе; 2) серию приборов подвешивают к одному тросу.

Первый способ может быть рекомендован при работах с борта судна только на небольших глубинах, так как применение его связано с опасностью спутывания тросов при резких поворотах судна на якоре. Поэтому при многочасовых наблюдениях за течениями на разных горизонтах до больших глубин применяется обычно второй способ подвески приборов.

Для сериальной установки нескольких приборов на одном тросе используют стальной трос диаметром от 4 до 10 мм и укрепленные

на нем специальные кронштейны, к которым подвешивают приборы. Кронштейны обеспечивают вынос точки подвеса прибора от линии троса на расстояние около 80 см, вследствие чего прибор может свободно поворачиваться кругом не задевая рулями за трос. Магнитное влияние троса сказывается при такой системе подвески в пределах 2—4° дополнительной ошибки.

При работе с серией самописцев на одном тросе поступают следующим образом: 1) определяют глубину моря в месте наблюдений; 2) к концу троса подвешивают груз весом 80—100 кг; 3) на расстояние двух метров от поддона прикрепляют кронштейн, к которому подвешивают первый прибор, опускают прибор до уровня моря и ставят стрелки блок-счетчика на нуль; 4) стравливают трос с самописцем на заданное между приборами расстояние и подвешивают на кронштейне следующий прибор. Каждый прибор последовательно подвешивают на заданном расстоянии от предыдущего. Опускают приборы на требуемые глубины. При этом следует руководствоваться расчетом, приведенным в п. 11.6.

Дальнейшая работа с серией приборов производится так же, как с одним прибором.

15.3. Электрифицированный самописец течений ЭСТ

Электрифицированный самописец течений ЭСТ разработан в 1963 г. в ААНИИ на базе самописца течений БПВ. Принцип действия ЭСТ аналогичен принципу действия БПВ, только вместо пружины основным двигателем механизма является электромотор.

Электрифицированный самописец течений имеет некоторые преимущества по сравнению с самописцем БПВ: увеличена длительность автономной работы прибора до 6 месяцев при регистрации течений через 1 час и до 12 месяцев при регистрации течений через 2 часа; уменьшено (по сравнению с БПВ-2р) рыскание магнитной картушки под действием волнения; уменьшено влияние волнения на работу лопастного винта; в прибор включен счетчик числа отпечатков и введен контрольный узел для проверки работы лентопротяжного механизма; за счет увеличения общей длины прибора повышена его устойчивость в потоке; улучшена начальная чувствительность.

Основные технические характеристики [1]

Глубина погружения, м	до 250
Начальная чувствительность, см/с	1,5—2
Наибольшая регистрируемая скорость, см/с	148
Размеры бумажной ленты:	
длина, м	60
ширина, мм	10
толщина, мм	0,08

[1] Данные относятся к приборам ЭСТ, изготовляемым малыми сериями в экспериментально-производственной мастерской ААНИИ.

Интервалы между измерениями:	
в часах	1,2
в минутах	10
Длительность непрерывной работы:	
год	0,5; 1
месяц	1,3
Масса прибора с регистрирующим механизмом и блоком электропитания, кг	35

Устройство ЭСТ. Электрифицированный самописец течений состоит из следующих основных частей: корпуса, руля, блока питания, лопастного винта и регистрирующего механизма.

Корпус (рис. 15.7) изготовлен в виде пустотелого латунного цилиндра *1* с днищем. В верхней части корпуса приварен фланец *2*

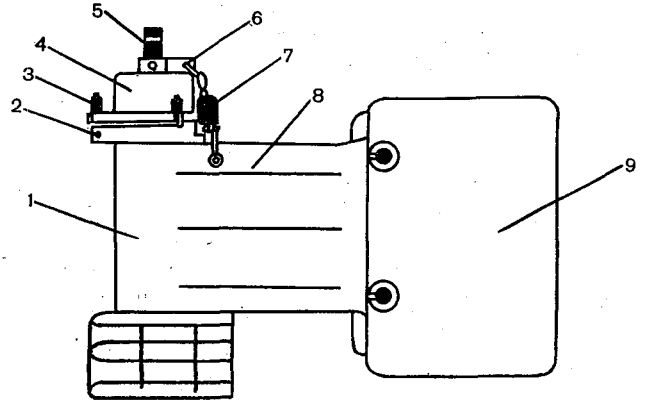


Рис. 15.7. Электрифицированный самописец течений.

1 — пустотелый цилиндр, *2* — фланец; *3* — откидные болты с гайками, *4* — крышка, *5* — ручка, *6* — пластина, *7* — вертлюг-изолятор, *8* — обтекатель, *9* — рулевые пластины.

приливами, в которых закреплены откидные болты *3* с гайками. Во фланце корпуса помещена резиновая прокладка, обеспечивающая герметичность корпуса. Крышка *4* представляет собой латунный колпак с фланцем и приливами, имеющими пазы для откидных болтов *3*, скрепляющих крышку с корпусом. На верхней части крышки укреплена ручка *5* для переноски прибора и пластина *6*, к которой прикреплена для подвески прибора цепочка, состоящая из вертлюга-изолятора *7*, колец и чекелей. Вертлюг-изолятор представляет собой единую деталь, что упрощает ее изготовление и повышает прочность. Во внутренней части крышки находятся батареи для питания электрического двигателя самописца. Батареи соединены в три секции, включенные паралельно. Они скреплены в единый блок и запарафинированы. Общая емкость блока питания равна 9 А·ч, а начальное напряжение — 6,5 В. Блок питания удерживается в крышке при помощи диска и кольца, входящего в паз фланца крышки. На диске имеются две клеммы для

подключения шнура с вилкой. К одной из клемм присоединен предохранитель, ограничивающий возможность замыканий батарей.

Рулевая часть устроена так же, как и у самописца БПВ-2р. Общая длина обтекателя *8* и рулевых пластин *9* увеличена, в результате прибор более точно устанавливается по течению.

Лопастный винт имеет вертикальную ось с четырьмя лопастями. На концах оси расположены керны, которые заканчиваются круглыми стерженьками. Такие керны независимо от продолжительности работы прибора не изменяют трение, что дает возможность сохранить в течении длительного времени начальную скорость прибора. Керны вращаются в корундовых подшипниках. Лопастный винт частично прикрыт экраном, что уменьшает влияние волнения на показания прибора. Ограждение, являющееся основанием всего прибора и предохраняющее винт от повреждения, состоит из нижней и верхней плат, стоек и ребер. Верхняя плата наглухо скреплена с днищем корпуса прибора. Регистрирующий механизм так же как и у самописца БПВ, свободно вынимается из корпуса.

Схема устройства прибора показана на рис. 15.8. Взаимодействие его частей осуществляется следующим образом: в момент замыкания стрелкой часов контакта *25* электрический ток, идущий от батарей, приводит в движение электродвигатель *26*, который через трибку *27*, насаженную на ось электродвигателя, передает усилие через уменьшающий количество оборотов редуктор на конические шестерни *21*. Последние приводят во вращение вал. При этом повернутся на соответствующий угол насаженные на вал эксцентрик *22*, кулачки *28*, *29* и кривошип *20*. При повороте эксцентрик размыкает контакт *24* с контактом *25* и замыкает его с контактом *23*. Цепь замыкается и электродвигатель останавливается. За это время кулачок *28* через рычаг *30* поднимает на игле *1* картушку *6* магнитного компаса, которая и принимает направление магнитного меридиана. Кулачок *29* опускает рычаг *31*, вместе с ним опускается трибка *4* и входит в зацепление с диском скорости *5*. Кривошип *20* через рычаг *19* приподнимает печатающий кулачок *11*. Лопастный винт *35* через магнитную муфту *34* вращает магнитную муфту *33*, которая через трибку *32* и замедляющий редуктор в свою очередь вращает трибку *4*. Последняя начинает отклонять диск скорости *5* на угол, соответствующий скорости течения.

По истечении заданной экспозиции, устанавливаемой расстоянием между контактами на электрочасах, стрелка часов замыкает следующий контакт, электрический ток идет на электродвигатель и включает его. Затем электродвигатель вновь приводит в движение через систему шестерен *21* вал и насаженные на нем кулачки *28* и *29*, кривошип *20* и эксцентрик *22* до тех пор, пока последний не разомкнет контакт *24* с контактом *23* и не замкнет его с контактом *25*. Электродвигатель останавливается, но за это время кулачок *28* опускает картушку *6* магнитного компаса на плату, кривошип *20* поднимает рычаг *19*, который передает усилие через ось *12* на печатающий кулачок *11*, роликодержатель *10* и смазы-

вающий ролик *9*, прокатывается по шрифтам магнитной картушки и диска скорости и смазывает их краской. Печатающий кулачок опускается, прижимает резиновой подушечкой *13* ленту к шрифтам и возвращается в первоначальное положение. В это время ленто-

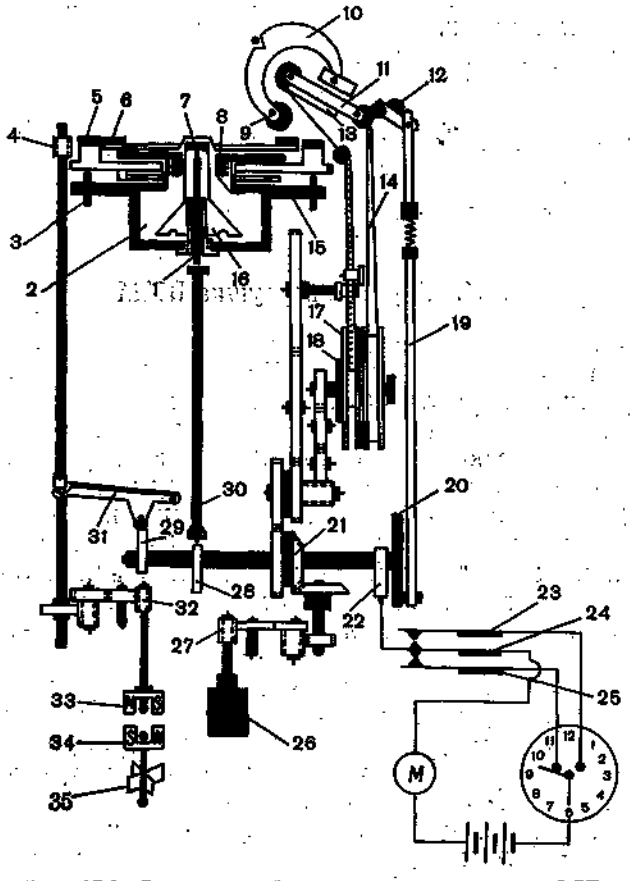


Рис. 15.8. Схема устройства самописца течений ЭСТ.

1 — игла, *2* — резервуар, *3* — ролики, *4*, *27*, *32* — трибки, *5* — диск скорости, *6* — картушка, *7* — игла, *8* — плата, *9* — смазывающий ролик, *10* — роликодержатель, *11* — кулачок, *12* — ось, *13* — резиновая подушка, *14* — лентопротяжный механизм, *15* — пружина, *16* — демпфер, *17* — катушка, *18* — диск, *19* — рычаг, *20* — кривошип, *21* — система шестерен, *22* — эксцентрик, *23—25* — контакты, *26* — электродвигатель, *28*, *29* — кулачки, *30*, *31* — рычаги, *33*, *34* — магнитная муфта, *35* — лопастный винт.

протяжный механизм *14* протягивает ленту на величину отпечатков, а диск *18* поворачивает катушку *17* и подматывает ленту. Кулачок *29* поднимает рычаг *31* вместе с трибкой *4*, которая выходит из зацепления с диском скоростей *5* и под действием пружины *15* диск скорости на оси и роликах *3* возвращается в первоначальное положение.

В момент отпечатка картушка магнитного компаса опускается на плату *8*, укрепленную на оси диска скорости. Во время экспозиции картушка, надетая на демпфер *16*, помещенный в резервуар *2* с жидкостью свободно вращается на игле *1*. При этом она демпфируется жидкостью от раскачивания при волнении и рысканий прибора на течении.

В приборе установлены часы с электроподзаводом. Подзавод часов производится автоматически через 1—2 мин от блока питания при помощи электромагнитного устройства, включающегося через контакты, помещенные внутри корпуса прибора. Для установки интервала между отпечатками служит переключатель. Работа с прибором, проверка его и уход за ним производится так же, как и с самописцами БПВ.

15.4. Морская вертушка ВММ

Вертушка морская модернизированная (ВММ), так же как и ранее выпускаемая вертушка (ВМ-48), служит для разовых измерений скорости и направления течения. После каждого замера прибор извлекается для снятия отсчетов и перезарядки.

Морская вертушка ВММ благодаря своему простому устройству, небольшим размерам и малому весу и наглядности показаний скорости и направления течения нашла широкое распространение в практике океанографических работ. Ее можно употреблять для измерения течений на любых глубинах. Но учитывая что суда не становятся на якорь на больших глубинах (больше 200 м), практически ее применяют для измерения течений в этом слое.

Морская вертушка ВММ состоит из литой рамы, служащей основанием для крепления всех деталей прибора: лопастного винта со счетчиком оборотов, устройства регистрирующего направление течения, и переключающего (спускового) механизма.

Литая латунная рама *1* (рис. 15.9) надета на вертикальную ось *2*, вокруг которой она может свободно вращаться на шариковых подшипниках *3* и *16*. На верхнем конце оси неподвижно укреплен направляющий стержень, имеющий в верхней части прорезь *1* для троса лебедки, в огон которого пропускается винт с барашком. На нижнем конце оси имеется ушко *4* для подвеса поддона, уменьшающего снос прибора течением. К задней части рамы крепится с помощью винта и двух штифтов руль *15*, имеющий съемные наклонные пластинки. Вертушка снабжена двумя парами пластинок (различной ширины) и дополнительным грузом, устанавливаемым для балансировки на вертикальной плоскости руля. Узкие пластинки предназначены для работ при волнении, так как при работе с широкими пластинками вертушка, совершая колебания на волнении, значительно завышает скорости течения.

При измерении малых скоростей течения к рулю морской вертушки рекомендуется прикрепить надставку размерами 50×60 см, так как при малых скоростях течения существующее стандартное

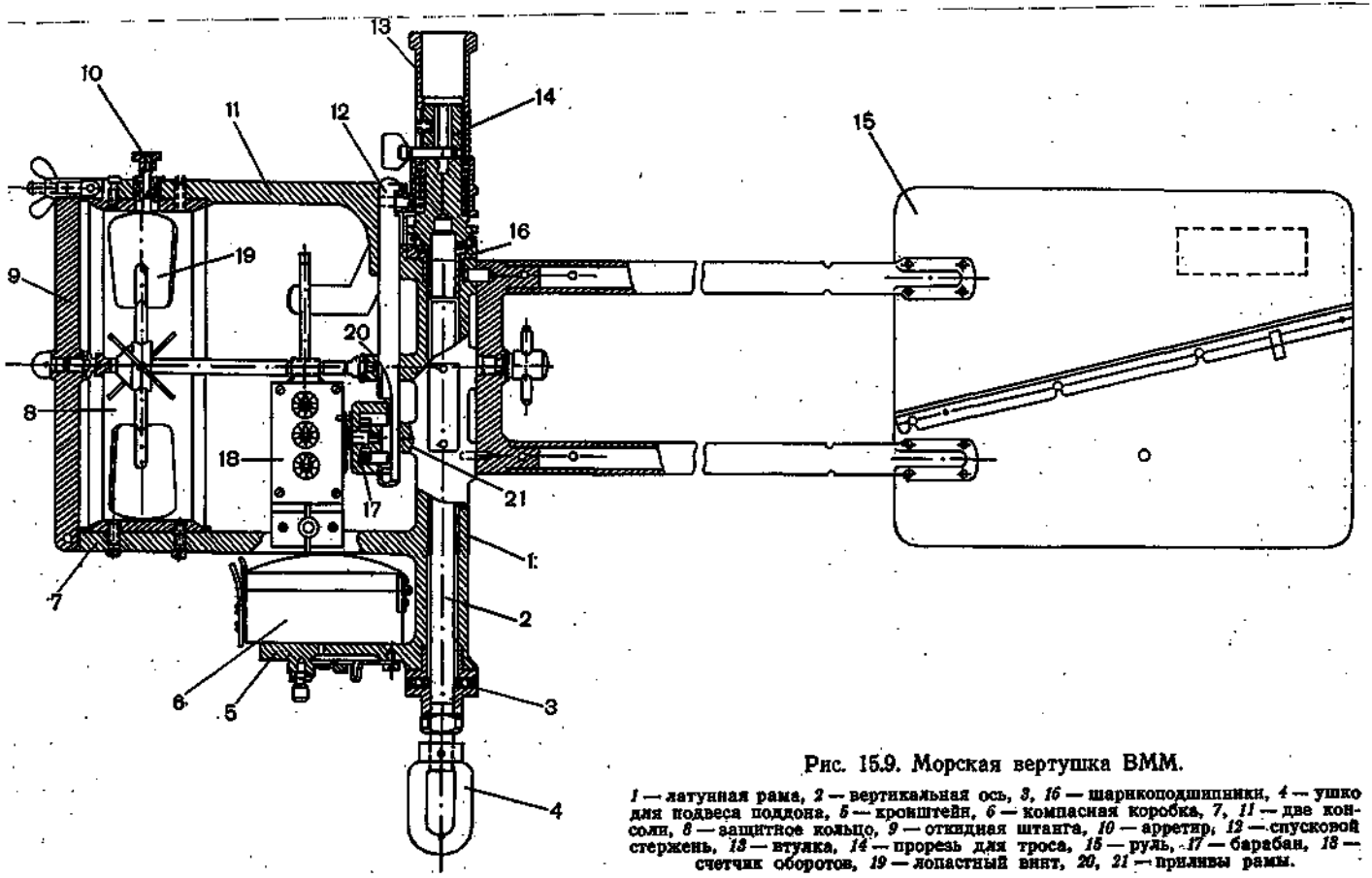


Рис. 15.9. Морская вертушка ВММ.

1 — латунная рама, *2* — вертикальная ось, *3*, *16* — шарикоподшипники, *4* — ушко для подвеса поддона, *5* — кронштейн, *6* — компасная коробка, *7*, *11* — две консоли, *8* — защитное кольцо, *9* — откидная штанга, *10* — арретир, *12* — спусковой стержень, *13* — втулка, *14* — прорезь для троса, *15* — руль, *17* — барабан, *18* — счетчик оборотов, *19* — лопастный винт, *20*, *21* — приливы рамы.

рулевое оперение не обеспечивает необходимой точности установки прибора на течении.

Скорость течения определяется при помощи лопастного винта *19*. Он состоит из горизонтальной оси со втулкой на передней части и четырех спиц с лопастями, развернутыми по отношению к оси винта на 45°. Цапфы оси лопастного винта вращаются во втулках. На заднем конце оси имеется червячная нарезка, с которой скрепляется зубчатое колесо счетчика *18*.

Для предохранения винта от механических повреждений, он помещен в защитном кольце *8*, укрепленном на двух консолях *7* и *11*. Торцы консолей связывает откидная штанга *9*, в которой вмонтирован передний подшипник лопастного винта. Задний подшипник помещен в приливе *20* рамы вертушки. Лопастный винт снимается при перевозках вертушки. Этим предохраняются цапфы винта от повреждения. К консоли *11* прикреплен арретир *10*, не позволяющий лопастному винту вращаться вхолостую.

Вертушка снабжена двумя винтами. Первый (начальная скорость вертушки с этим винтом равна 3,5—4,5 см/с) предназначен для работы при больших скоростях течения; второй, облегченный (начальная скорость — 2 см/с) предназначен для работы при малых скоростях течений.

Обороты лопастного винта регистрируются счетчиками оборотов *18*. Под ним на кронштейне *5* укрепляется компасная коробка *6*, которая служит для определения направления течения.

Счетчик *18*, заключенный в прямоугольную коробку, состоит из трех шестеренок со стрелками-указателями: верхний указатель отмечает единицы и десятки оборотов винта (единицы отсчитываются на глаз), средний — сотни и нижний — тысячи оборотов. Задняя крышка коробки может открываться, что дает возможность очистки механизма от наносов. В коробке счетчика имеется небольшая трубка-магазин *10* (рис. 15.10), в которую закладывается запас бронзовых или латунных шариков диаметром 3 мм (20—23 штук). Нижний шарик упирается в ободок диска *7*, сидящего на оси верхней шестеренки счетчика внутри цилиндра *8*, внутренний диаметр которого лишь немного больше диаметра диска, поэтому в просвет между ними шарик проскочить не может. На окружности диска имеются три выемки, расположенные на равных друг от друга расстояниях. Каждый раз, когда при вращении верхней шестеренки и диска под концом трубки-магазина окажется выемка, в нее попадает один шарик, который переносится диском к отверстию нижней трубки *5*, а из этой последней — в компасную коробку *1*. В центре компасной коробки на шпильке *12* сидит массивная магнитная стрелка *11*, имеющая над средней частью небольшую чашечку; вдоль верхней поверхности северного конца стрелки проходит желоб. Высокими перегородками *2* компасная коробка разделена на 36 секторов по 10° в каждом. Сектора пронумерованы от 0 до 35, номера расположены против часовой стрелки. На средней части дна компасной коробки укреплен диск, на котором нанесены названия четырех стран света. Коробка

имеет крышку *3*, в центре которой сделано отверстие *4*. Через это отверстие шарик, выпавший из трубки попадает в чашечку магнитной стрелки и затем по желобу скатывается с северного конца стрелки в один из секторов компасной коробки. Таким образом, подняв по окончании наблюдений прибор на палубу, можно видеть, какие сектора компасной коробки находились во время наблюдений над северным концом магнитной стрелки, т. е. куда было направлено течение.

При наблюдениях за течениями морской вертушкой часто происходит рассеивание шариков. Одна из причин этого разброса состоит в том, что когда северный конец магнитной стрелки становится желобком против какой-либо перегородки или немного в стороне от нее, то выпадающий шарик может отразиться от края этой перегородки и упасть на диск с нанесенными на нем буквами, обозначающими страны света. Перекатываясь вследствие изменений наклона вертушки по дну компасной коробки, шарик может упасть в любой сектор, который не соответствует направлению стрелки, а следовательно, и течения. Вследствие этого может оказаться, что при почти неизменном направлении течения шарики попадут в разные секторы с большим разбросом. Чтобы избежать этого, можно заменить плоское дно компасной коробки коническим с углом конуса около 150° (замену можно произвести на месте). В этом случае шарик, отразившись от перегородки и упав на коническое дно компасной коробки, попадает в сектор, соответствующий направлению течения или в соседний сектор. Можно также отвинтить диск с нанесенными на нем буквами [1]. В этом случае дно будет ниже секторов, шарики, отраженные от перегородок, останутся на дне компасной коробки и в расчет при вычислении направления течения приниматься не будут.

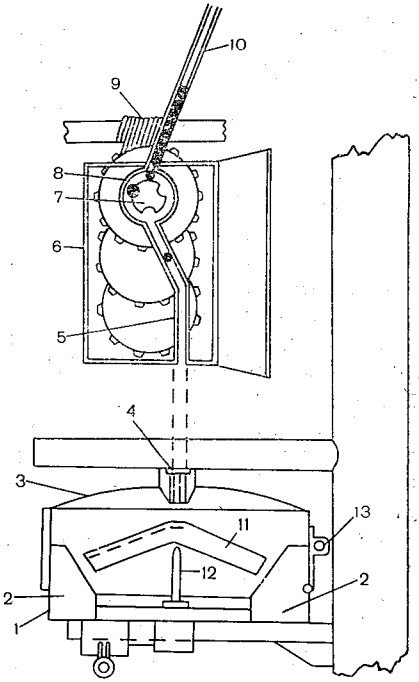


Рис. 15.10. Механизм измерения направления и скорости течений вертушки ВММ.

1 — компасная коробка, *2* — перегородки, *3* — крышка, *4* — отверстие в крышке, *5* — трубка, *6* — коробка счетчика, *7* — диск, *8* — цилиндр, *9* — нарезка, *10* — трубка-магазин, *11* — магнитная стрелка, *12* — шпилька, *13* — прилив.

Другой причиной, вызывающей рассеивание шариков, являются неупорядоченные движения вертушки под воздействием волнения

[1] Буквы, обозначающие страны света, можно нанести на дно коробки.

и вибрации ее на течении. Особенно большое влияние на рассеивание шариков оказывают неупорядоченные колебания вертушки в высоких широтах, где малая величина горизонтальной составляющей магнитного поля Земли оказывается недостаточной для обеспечения устойчивого положения стрелки в магнитном меридиане. Поэтому для морских вертушек, применяемых в этих широтах, рекомендуется ставить магнитные стрелки с усиленным магнитным моментом.

Для включения и выключения счетчика оборотов служит переключающий (спусковой) механизм, состоящий из барабана *17*, укрепленного на приливе *21* рамы *1* (рис. 15.9) с плоской спиральной пружиной внутри и пальцем снаружи, спускового стержня *12* и втулки *13*.

На барабане имеются два выреза — верхний и нижний. В нижнем вырезе находятся два зубца, в верхнем — один. На нижнем конце спускового стержня *12* также имеются два зубца, которые при возвратно-поступательном движении стержня поочередно освобождают и стопорят барабан *17*.

Взаимодействие зубцов барабана и спускового стержня позволяет барабану устанавливаться в трех положениях: первое и третье положение (холостой взвод барабана) — счетчик выключен, второе положение (рабочий взвод барабана) — счетчик включен.

Перед спусканием прибора в воду барабан с помощью находящегося на нем рычажка становится на холостой взвод[1]. Имеющийся у барабана палец, входящий в прорезь пластинки, скрепленной со счетчиком, отклоняет счетчик на шарнире назад и таким образом червячная нарезка оси лопастного винта разъединяется с шестеренкой счетчика. При этом перо пружинной пластинки, прикрепленной к выступу рамы вертушки, входит своим концом между зубцами шестеренки счетчика и исключает возможность случайного ее вращения. Защитная пластинка, укрепленная на консоли *11*, обеспечивает при этом устойчивость счетчика и предохраняет трубку, служащую для ввода в счетчик заряда шариков от случайной поломки или изгиба.

Счетчик оборотов включается и выключается последовательными ударами посыльных грузов по втулке *13*, надетой на вертикальную ось *2*. Внутри втулки находится пружина, удерживающая втулку в верхнем положении. На нижней части втулки имеется кольцевой вырез, в который входит ролик, находящийся на верхнем конце спускового стержня.

Втулка при опускании прибора в воду находится в верхнем положении. При этом нижний зубец спускового стержня заскакивает на второй зубец барабана. При ударе первого посыльного груза втулка опускается. Движение втулки передается посредством ролика стержню, последний опускается, его нижний зубец отходит от второго зубца барабана и освобождает барабан, кото

[1] Барабан взводят при вращающемся лопастном винте во избежание порч вершин зубцов верхнего зубчатого колеса счетчика.

рый под действием своей пружины начинает вращаться до тех пор, пока зубец барабана, находящийся в верхнем его вырезе, не упрется в верхний зубец спускового стержня. В этот момент сила удара груза гасится, пружина втулки разжимается и втулка со стержнем возвращается в прежнее верхнее положение. Верхний зубец стержня заскакивает за второй зубец в нижнем вырезе. Барабан становится на второй (рабочий) взвод. При этом счетчик подается вперед и его шестеренка сцепляется с червячной винтовой передачей оси лопастного винта.

При ударе второго груза взаимодействие частей переключающего механизма повторяется — втулка и связанный с ней стержень опускаются. Нижний зубец спускового стержня освобождает барабан, который, вращаясь до отказа, отклоняет счетчик назад и разъединяет шестеренку счетчика с червячной винтовой передачей оси лопастного винта. Стрелки счетчика перестают вращаться, показывая число оборотов лопастного винта за промежуток времени между ударами первого и второго посыльных грузов.

Проверка вертушки перед наблюдениями. Перед измерениями проверяются:

1) общая исправность прибора;

2) наличие тарировочного удостоверения;

3) наличие всех запасных частей и инструментов к вертушке:

4) правильность и плавность хода лопастного винта вертушки, который должен вращаться под действием малейшего дуновения ветра плавно и без шума. Винт должен быть хорошо сбалансирован; при приведении в любое положение винт должен оставаться в этом положении; при плохой балансировке он будет стремиться повернуться более тяжелой своей частью вниз. Счетчик оборотов при вращении за нижнюю стрелку должен легко и без заедания проворачиваться. Сочленение зубцов верхнего зубчатого колеса счетчика с червячной нарезкой, находящейся на оси лопастного винта, должно быть в пределах от 0,6 до 0,75 высоты зуба. Правильность сочленения счетчика с червячной нарезкой проверяется по всей окружности верхнего зубчатого колеса. При включенном положении счетчика верхнее зубчатое колесо его должно находиться по середине оси лопастного винта. При выключенном положении счетчика стопорная пружина должна западать в зубцы верхнего зубчатого колеса, так чтобы исключалась возможность самопроизвольного провертывания зубчатых колес счетчика. Счетчик оборотов должен легко устанавливаться на раме и сниматься с последней. Когда он закреплен на раме, то не должен качаться на своей шарнирной петле, а отверстие нижней его трубки должно совпадать с отверстием в приливе рамы; стрелки счетчика оборотов должны быть плотно надеты на кончики осей. При недостаточном трении можно слегка сжать плоскогубцами разрезную часть стрелки;

5) правильность выпадения шариков из магазина устанавливается путем вращения лопастного винта рукой: через каждые 33,3 оборота винта должен выпасть один шарик, причем выпадение

шариков должно происходить свободно как при быстром, так и при медленном вращении;

6) степень намагниченности магнитной стрелки проверяется опытным путем. Достаточно намагниченная стрелка удерживает железный груз весом не менее 75 г. Магнитная стрелка должна быть хорошо уравновешена: установленная на шпильке, она должна находиться в горизонтальном положении;

7) острие шпильки должно быть круглым и хорошо отполированным. Стрелка должна свободно и легко вращаться на острие шпильки, что проверяется путем приближения к стрелке и удаления от нее какого-нибудь железного предмета. Перегородки секторов в коробке не должны качаться или смещаться со своих мест;

8) правильность действия спускового механизма проверяется путем нажима на втулку *13*, для чего предварительно ставят барабан на первый взвод. Включение и выключение счетчика оборотов должно происходить свободно при легких последовательных нажимах на втулку. Если для включения спускового механизма требуется прилагать значительное усилие и механизм взводится скачками, то это означает, что части спускового механизма и, главным образом, зубцы барабана и зубцы спускового стержня плохо подогнаны друг к другу.

Пружина, находящаяся во втулке, должна иметь необходимую жесткость. Если цилиндрическая пружина слишком жестка, то при большом сносе прибора счетчик может не включиться от действия первого посыльного груза или не выключиться после удара второго посыльного груза. При очень мягкой пружине счетчик включается и выключается также ненадежно.

Необходимая жесткость пружины определяется одновременным наложением на верхнюю втулку трех посыльных грузов, причем, если под их весом пружина не будет оставаться в верхнем крайнем положении, то она слишком мягкая; если же она может выдержать в верхнем крайнем положении больше, чем три посыльных груза, то пружина слишком жестка. Пружина нормальной жесткости выдерживает только три посыльных груза.

Барабан должен вращаться на оси свободно, однако без заметной качки. Зубцы барабана *17* должны зацепляться за верхний зубец спускового стержня не менее, чем на 1,5 мм.

Ролик, имеющийся на верхнем конце спускового стержня, должен быть хорошо закреплен и входить в кольцевой вырез втулки не менее, чем на 1,5 мм.

Устранение неисправностей вертушки. Когда вертушка отказывает в работе, то необходимо установить причину порчи и по возможности устранить ее на месте. Чаще всего обнаруживаются следующие неисправности и повреждения:

1. При ударе посыльного груза механизм не срабатывает, что может быть вызвано тремя причинами: сила удара груза недостаточна для того, чтобы сжать внутреннюю пружину втулки и отжать спусковой стержень; барабан не поворачивается на оси, несмотря на то, что спусковой стержень при ударе груза отходит

вниз, и зубец разъединяется с зубцом барабана; пружина слишком слаба, она сжимается при ударе груза и не разжимается. В этом случае вертушка при ударе первого грузика включается, а при ударе второго не выключается.

Удар посыльного груза часто ослабляется в случае сильных течений, когда большой угол наклона троса создает дополнительное трение при падении груза. В этом случае требуется подвесить к вертушке более тяжелый поддон.

При вертикальном положении троса ослабление удара может быть вызвано намотавшимися на трос водорослями.

Если сила удара груза достаточна, а спусковое приспособление все-таки не срабатывает, то это означает, что пружина втулки слишком жестка. Лишние проволоки или пряди троса, не уместившиеся в подвесе и выходящие из огона, могут также заклинивать втулку, поэтому огон троса, служащий для подвешивания вертушки, должен быть сделан очень аккуратно.

Нужно также проверить, свободно ли проворачивается на оси барабан. Если барабан проворачивается под действием внутренней пружины туго, с задержками, надо ослабить винт барабана, служащий его осью. Наоборот, если винт отошел, нужно его прижать, так как при перекосе барабана может произойти заедание пальца барабана в прорези пластинки, соединенной со счетчиком, или несовпадение зубцов барабана с защелками спускового стержня.

2. Набивающийся в прибор песок прекращает работу вертушки. Для устранения этого необходимо тщательно промыть в чистой воде движущиеся части вертушки и смазать их костяным маслом. При смазке необходимо несколько раз привести в движение переключающий механизм, нажимая на рычажок, чтобы масло проникло к трущимся частям. Засоренная песком компасная коробка снимается с вертушки, стрелка вынимается, после чего коробка и стрелка обильно промываются пресной водой.

3. Водоросли, растительные волокна и другие часто прекращают действие прибора. Нужно волокна осторожно снять, провертывая при этом винт в противоположную его обычному ходу сторону.

4. Число оборотов по счетчику не соответствует числу выпавших шариков. Это может произойти от неправильного зацепления верхней шестеренки счетчика оборотов с червячной передачей оси винта: нитка нарезки, попадая на зубец шестеренки, мнет его и, заклиниваясь, стопорит вращение винта. Указанная неисправность обнаруживается осмотром зубцов шестеренки и винтовой нарезки червячной передачи. Небольшие повреждения, обнаруженные своевременно, могут быть устранены путем осторожного подпиливания зубцов шестеренки. Если ряд зубцов шестеренки и винтовая нарезка червячной передачи сильно повреждены на участке значительной длины, а также, если после исправления все же происходит неправильное зацепление, прибор необходимо заменить другим.

5. Острие шпильки компасной коробки, на которое надевается магнитная стрелка, с течением времени тупится, и стрелка вследствие этого вращается со значительным трением, показывая неверное направление. В таком случае нужно вывинтить шпильку и наждачной бумагой или бархатным напильником заточить острие. Ставя шпильку на место, необходимо тщательно следить за тем, чтобы длина ее была правильно отрегулирована и чтобы не было перекоса. Неправильными считаются длина и положение шпильки, если: шпилька слишком коротка, и стрелка при наклонном положении компасной коробки задевает за перегородки секторов; шпилька слишком длинна, и чашечка стрелки упирается в крышку коробки или задевает за нее; при перекосе шпильки концы стрелки задевают за перегородки секторов только в одной половине окружности; перекос шпильки ведет также к тому, что стрелка застаивается или возвращается к одному и тому же положению, не соответствующему направлению меридиана.

Все перечисленные дефекты определяют наблюдения за поведением стрелки, наклоняя коробку в разные стороны и поворачивая ее с закрытой крышкой. В наклоненной коробке при поворачивании стрелка не должна задевать за перегородки, и в этом положении при закрытой крышке шарик должен свободно скатываться по желобу стрелки.

6. Магнитная стрелка размагнитилась. Стрелка подмагничивается следующим образом: положив стрелку одной из боковых плоскостей на деревянный стол или укрепив ее в специальном станочке, натирают половинки стрелки разноименными полюсами брускового магнита; северную половину натирают южным полюсом магнита, а южную — северным, двигая магнит от середины стрелки к концам. Для намагничивания лучше пользоваться двумя брусковыми магнитами, прикладывая соответствующие полюса к середине стрелки и одновременно разводя их к концам ее. После нескольких натираний одной боковой стороны каждой половинки стрелки, производится столько же натираний второй боковой стороны. Вся операция повторяется до тех пор, пока стрелка будет достаточно намагничена (подъемная сила ее должна составлять 75 г).

7. Неправильности в работе вертушки могут быть связаны с плохим выпадением шариков. Это может быть вызвано следующими причинами.

Плохой калибровкой шариков. В этом случае производят простейшую их калибровку. Отобрав на глаз шарики правильной формы и соответствующего диаметра, снимают с прибора счетчик оборотов и пропускают через него шарики, медленно и осторожно вращая для этого пальцем зубчатку у верхнего диска счетчика. Шарики, свободно проходящие через счетчик, отбираются, а шарики, прохождение которых повлекло за собой хотя бы малейшую задержку во вращении зубчатки (это легко ощущается пальцем), отбрасывают как негодные. Операцию эту повторяют несколько раз.

Окислением шариков. В этом случае шарики следует промыть в чистом бензине и протереть тряпкой.

Образованием рассола в счетчике, вследствие чего шарики обволакиваются пленкой и плохо выпадают. Для устранения этого следует счетчик тщательно промыть пресной водой.

Уход за вертушкой. 1. После каждой станции (на многочасовых станциях после каждой серии наблюдений) вертушку промывают в пресной воде, в противном случае она покроется солью.

2. После окончания работ разбирают прибор, промывают в теплой воде все детали и просушивают их. При этом счетчик снимают и промывают отдельно. После промывки и просушки смазывают трущиеся части спускового стержня (зубцы, ролик), барабан (зубцы, пружину) и втулки, а также шарикоподшипники вертикальной оси. Смазывать следует при помощи промасленной тряпочки, аккуратно, не жирно (без подтеков) и так, чтобы масло не попало в подшипники оси лопастного винта. Для смазки прибора употребляют масло, не густеющее при низких температурах, лучше всего костяное масло.

Все остальные части вертушки, в том числе магнитную стрелку, протирают масляной тряпкой. Особенно тщательно следует чистить лопастный винт. Вынув его, протирают ватой, навернутой на тонкую палочку и слегка смоченной в спирте или бензине, цапфы, оси винта и втулки подшипников, после чего их вытирают насухо папиросной бумагой. Запрещается смазывать подшипники и цапфы оси винта маслом, чтобы не нарушать условий, при которых прибор тарировался. Также нельзя смазывать диск счетчика оборотов с выемками для шариков во избежание прилипания шариков к поверхности диска. Шарики должны быть промыты спиртом или чистым бензином и уложены в пенал, в котором также должен находиться спирт или бензин.

Разборку, чистку и сборку вертушки производят лица, знающие устройство прибора.

3. Вертушку и отдельные ее части следует хранить в ящике-футляре, в специальных гнездах, закрепляя их деревянными колодками. При перевозах прибора необходимо оберегать его от ударов и толчков. При переходах между станциями, на многочасовых станциях в перерывах между сериями наблюдений вертушку можно хранить в собранном виде в специальной стойке.

Подготовка вертушки к работе. Подготовку[1] прибора к наблюдениям производят в следующем порядке:

1) вынимают из ящика прибор и лопастный винт, с которым предполагаются измерения;

2) включают стопор винта, откидывают штангу и осторожно устанавливают винт в подшипниках, причем осевой люфт должен быть в пределах от 0,1 до 0,3 мм; после этого плотно закрепляют штангу откидным винтом с барашком;

---

[1] Прибор подготавливают к работе при выключенном счетчике. Включают и выключают счетчик при вращающемся лопастном винте.

3) подготавливают руль; если работа будет вестись при сильном волнении, устанавливают малые горизонтальные пластины руля, закрепляют их на вертикальной плоскости винтами и ставят на вертикальную плоскость груз для балансировки. При работах на малых скоростях течений при наличии надставки прикрепляют ее к рулю;

4) прикрепляют руль к раме, для этого вкладывают концы руля в гнезда и завинчивают до отказа зажимный винт, предварительно смазанный маслом;

5) подвешивают к ушку вертикальной оси вертушки концевой груз [1] (поддон);

6) проверяют прочность нижней части троса и огона и смазывают их маслом. Присоединяют вертушку к концу троса, предварительно пропущенного через блок-счетчик, для чего, отвернув винт, заводят огон троса в прорезь направляющего стержня, пропускают винт в огон и завинчивают его до отказа;

7) выводят вертушку за борт судна, после чего притягивают вертушку к борту, так чтобы она висела над палубой, и закладывают трос за крючок, укрепленный на внешней стороне планширя-фальшборта;

8) подготавливают компасную коробку. Для этого, открыв ее, убеждаются в отсутствии в ней шариков, устанавливают магнитную стрелку на острие иглы и закрывают крышку;

9) надевают компасную коробку на кронштейн шарниром к оси вертушки и завинчивают зажимный винт до отказа, так чтобы конец винта вошел в лунку на кронштейне. При надевании коробки, пружинку на нижней поверхности кронштейна следует прижимать пальцем;

10) взводят барабан спускового механизма, проверяют действие последнего двойным ударом по втулке при вращающемся лопастном винте и вновь взводят барабан;

11) заряжают магазин счетчика, как правило, всегда одним и тем же количеством шариков. Предварительно двойной запас шариков высыпают в плоскую ванночку, куда наливают небольшое количество бензина или спирта, чтобы предохранить шарики от обволакивания жиром или обмерзания в зимнее время. Набрав затем 20—23 шарика в брало, заряжают магазин, держа вертушку в подвешенном состоянии;

12) приводят спусковой механизм в исходное холостое положение;

13) отсчитывают и записывают в книжку для записи наблюдений показание счетчика вертушки с точностью до одного оборота.

После указанных подготовительных операций приступают к наблюдениям.

---

[1] Концевой груз не должен иметь железных и стальных частей. При вынужденном пользовании чугунным или железным поддоном последний подвешивается на расстоянии 4—5 м, но не менее 2 м от вертушки во избежание влияния его на показания магнитной стрелки. В зависимости от скорости течения применяются грузы разной массы.

Наблюдения вертушкой. Наблюдения производятся в следующей последовательности:

1) выводят вертушку за борт;

2) опускают прибор так, чтобы ось лопастного винта совпала с поверхностью воды, и производят отсчет по счетчику лебедки;

3) опускают прибор на заданную глубину плавно, чтобы магнитная стрелка не соскочила со шпильки;

4) измеряют угол наклона троса. Если он больше 10°, то определяют поправки на наклон троса и дотравливают трос на эту величину. Особо внимательно следят за тем, чтобы не посадить вертушку на грунт, так как она легко портится от малейшего механического воздействия;

5) подготавливают секундомер и надевают на трос посыльный груз;

6) выждав 1—2 мин с момента погружения прибора на заданную глубину, в продолжение которых вертушка развернется по течению, а магнитная стрелка установится по направлению меридиана, посылают первый посыльный груз. Ни в коем случае не следует с силой бросать груз вниз по тросу, так как от этого при небольшом погружении вертушки верхняя часть втулки расклепывается; при значительном погружении вертушки бросание груза с силой бессмысленно, так как начальная скорость груза гасится на первых 5—6 м и далее груз идет с постоянной скоростью;

7) в момент посылки груза засекают время секундомером и записывают его в книжку для записи наблюдений как момент начала наблюдений;

8) промежуток времени между посылкой первого и второго груза (время выдержки вертушки на глубине) используют для наблюдений над ветром, волнением и для измерений компасного курса судна. Наблюдения над ветром и волнением производят не реже чем через 30 мин, а компасный курс определяют через 2—5 мин;

9) по истечении установленного времени посылают второй груз, засекая этот момент по секундомеру, и записывают продолжительность (т. е. время между опусканием первого и второго посыльных грузов) наблюдения.

Продолжительность одного наблюдения устанавливают в зависимости от скорости течения и размера сектора рассеивания шариков. Для назначения продолжительности отдельного наблюдения необходимо вначале хотя бы приближенно установить скорость наблюдающегося течения, выдержав в воде прибор на больших скоростях 2—3 мин, а на малых столько времени, чтобы выпало не менее трех шариков. В дальнейшем продолжительность отдельных наблюдений регулируют так, чтобы количество выпавших шариков не превышало полного заряда магазина (20—23 шарика) и не было меньше 3—4 шариков. Однако, чтобы обеспечить точность определения направления течения (5°), приходится

считаться с рассеиванием шариков. При незначительном рассеивании продолжительность наблюдений уменьшают (если соблюдено первое условие относительно числа выпавших шариков), а при значительном, наоборот, увеличивают.

Максимальная продолжительность отдельных наблюдений не должна составлять более 15 мин, так как за это время, в особенности в морях с приливами, могут существенно измениться направление и скорость течения и получается слишком большой промежуток времени между началом и концом серии наблюдений;

10) выдержав время, необходимое для добегания второго посыльного груза до вертушки, с небольшим запасом в 20—30 с, равномерно поднимают ее на поверхность и осторожно, чтобы не ударить о борт, выводят над палубой;

11) застопоривают лопастный винт, снимают посыльные грузы, осматривают прибор и удостоверяются в том, что он сработал;

12) производят отсчет по счетчику оборотов с точностью до одного оборота и записывают отсчет в книжку;

13) держа вертушку в подвешенном состоянии над палубой, снимают компасную коробку, придерживая при этом вертушку рукой;

14) открыв крышку компасной коробки, вынимают магнитную стрелку, затем, слегка наклонив коробку, чтобы видеть шарики во всех секторах, подсчитывают число шариков в каждом секторе и результаты записывают в книжку для записи наблюдений. Счет шариков и запись следует производить, начиная с нулевого сектора, переходя затем к последующим против движения часовой стрелки. По окончании подсчета шариков, их надо высыпать из компасной коробки в ванночку;

15) при наличии большого разброса шариков наблюдение повторяют. Повторять наблюдение рекомендуется во всех сомнительных по результату случаях.

Разборка прибора. Снимают с вертушки компасную коробку, поддон и руль; отсоединяют вертушку от троса; вертушку переворачивают над ящиком магазином счетчика оборотов вниз и, открыв пластинку, высыпают в ванночку оставшиеся шарики; включают вертушку и, повернув винт, дают оставшимся в магазине и барабане шарикам высыпаться наружу через нижнее выходное отверстие; снимают лопастный винт, для этого отворачивают барашек откидной штанги винта, придерживая рукой лопастный винт, отводят штангу, очень осторожно вынимают лопастный винт. Очищают его и укладывают в гнездо ящика. После этого закрепляют штангу.

Вынутую из компасной коробки магнитную стрелку насухо вытирают, слегка протирают масляной тряпочкой и прикладывают разноименными полюсами к запасной стрелке.

После чистки и смазки вертушку укладывают в ящик, и все ее части закрепляют специальными колодками.

15.5. Влияние судна и его движений на показания вертушек

Наблюдения вертушкой с судна дают возможность измерить течения с достаточной точностью лишь при соблюдении следующих условий:

1) неподвижности судна, с которого ведутся измерения;

2) исключения искажающего влияния корпуса судна на струи течений;

3) исключения влияния судового железа на магнитную стрелку вертушки.

Судно, стоящее на якоре, вследствие непостоянства действующих на него внешних сил, все время находится в движении. Движения судна могут быть подразделены на поступательно-возвратные перемещения по направлению к якорю и от него, вращения вокруг якоря и вращения вокруг форштевня. Эти движения вносят большие искажения в наблюдения. Наибольшие искажения вносят поступательно-возвратные движения судна, скорость которых может достигать 30 см/с.

Судно для уменьшения искажающего влияния перемещения следует привести в положение неподвижности, наиболее возможное при данных условиях.

При наблюдениях на небольших глубинах (50—60 м) для увеличения неподвижности, судно ставят на два якоря — с носа и с кормы, по возможности, втугую оттягивая якорные канаты. В случае необходимости при смене направления поверхностного течения рекомендуется кормовой якорь выбрать, дать судну развернуться по течению и затем вновь завести кормовой якорь.

На больших глубинах постановка судна на два якоря становится слишком сложной, кроме того, на таких глубинах два якоря не в состоянии держать судно неподвижным.

В этих случаях, чтобы исключить из показаний прибора ошибки, создаваемые собственными движениями судна, необходимо возможно чаще определять место и курс судна, рассчитать скорость и направление его перемещений, векторно вычесть их из показаний прибора и получить таким образом истинное направление и скорость течения.

Разработанной методики для точного учета собственных движений судна еще нет. Ниже приводятся краткие сведения о применяющихся способах учета собственных движений судна в прибрежной полосе и мелководных районах моря. Эти рекомендации следует принять за основу и в процессе работы их уточнять. Полученные данные используются при окончательной обработке наблюдений над течениями.

Если наблюдения производятся вблизи берега, на котором имеется хорошо видимый знак, то, установив вблизи судна буек, пеленгуют знак и буек во время наблюдений (примерно через 5 мин), замечая одновременно курс судна. Если наблюдения производятся вне видимости берегов на сравнительно небольшой глубине (до 100 м), то вблизи судна устанавливают на двух якорях

два буйка, связанные между собой тросом длиной до 200 м. Направление троса, соединяющего буйки, должно совпадать с направлением преобладающего течения. Судно становится на якорь в точке, удаленной от троса на расстояние, равное утроенной глубине моря. Эта точка должна лежать на перпендикуляре к середине троса, соединяющего буйки. Пеленгуют каждый из двух установленных буйков, одновременно замечая курс судна по компасу.

Если наблюдения производятся на большой глубине вне видимости берегов и постановка двух буйков затруднительна, то собственные движения судна могут быть определены следующим образом. Вблизи судна устанавливают один буек. Последний связывают с судном длинным линем, размеченным на метры. В начале и в конце каждого наблюдения пеленгуют буек, замечают курс судна по компасу, измеряют расстояние до буйка, натянув линь. Это расстояние может быть определено также дальномером. Такой способ менее точен, так как установленный на якоре буек, так же как и судно, все время перемещается. Кроме того, трудно с помощью линя или дальномера достаточно точно измерить расстояние от буйка до судна. Движение судна можно также определять с помощью радиолокатора и заякоренной вехи с пассивным отражателем.

Судно, с которого производятся наблюдения над течениями, вносит искажения в показания прибора вследствие образующихся вокруг его корпуса обтекающих струй. Зона искажения, создающаяся вокруг судна, стоящего на якоре, несимметрична. На подветренном борту она шире и глубже. Поэтому при наблюдениях следует опускать вертушку с наветренного борта и удалять от борта не менее чем на четверть ширины судна.

Для определения направления течения в большинстве вертушек используется магнитная стрелка. На показания этой стрелки при работах в поверхностном слое значительное влияние оказывает судовое железо, которое вызывает отклонение магнитной стрелки от магнитного меридиана. Девиация зависит от магнитных свойств корпуса судна и уменьшается с погружением прибора. Поэтому вертушку с магнитной стрелкой можно применять для определения направления течения, начиная с глубины, превышающей тройную осадку судна. При работе с вертушками этого типа обычно для определения направления поверхностного течения применяют двойные привязные поплавки.

Автоматические и телеметрические измерители течений для устранения погрешностей, вызванных влиянием корпуса судна и рысканием прибора, устанавливают автономно на буе.

15.6. Обработка лент самописцев течений БПВ и ЭСТ

Обработка наблюдений, произведенных при помощи самописца течений БПВ, заключается в перенесении скорости и направления течения с ленты в книжку для записи наблюдений (образец за-

писи приводится ниже) и определении времени (часы, минуты) и горизонта, к которым относится данный отпечаток на ленте.

Направление течения печатается на ленте цифрами от 0 до 35[1], что соответствует 0, 10, 20 ... 350°. Расстояние между двумя соседними цифрами равно 10°. Целое значение каждого десятка, соответствующего данной цифре, проходит по ее середине. Отсчет производится по цветной линии, имеющейся на ленте. Например, если цветная линия проходит по середине цифры 3, то направление будет равно 30°. Расстояние между серединами двух соседних цифр разделено чертой, означающей 5°. Например, черта, расположенная между цифрами 17 и 18, означает 175°. Отсчеты направления производятся с точностью до 1°.

Отпечаток скорости течения располагается на ленте при вертикальной наклейке лент ниже отпечатка направления и печатается более мелким шрифтом. Скорость течения печатается цифрами от 0 до 148.

Отсчет скорости течения с ленты производится по той цифре, которая пересекается или по краю задевается цветной линией, находящейся на ленте. При скоростях течения, превышающих 10 см/с, отсчет производится с точностью до 1 см/с, а при меньших скоростях — с точностью до 0,5 см/с. Например, на цветной линии расположена черта, находящаяся между цифрами 6 и 7, отсчет равен 6,5 см/с.

Время и горизонт, к которым относится данный отпечаток, вычисляют исходя из времени первого отпечатка и времени начала и конца наблюдений на этом горизонте.

Пример 1. Наблюдения на горизонте 25 м производились с 16 ч 23 мин до 16 ч 33 мин. Минутный диск был установлен по часам наблюдателя в 16 ч 17 мин. Интервалы между измерениями 5 мин. Определить номера отпечатков, произведенных на данном горизонте, и время, когда они были произведены.

1-й отпечаток произведен в 16 ч 20 мин, 2-й — в 16 ч 25 мин, 3-й — в 16 ч 30 мин, 4-й — в 16 ч 35 мин. На горизонте 25 м произведены 2-й и 3-й отпечатки. Достоверным является 3-й отпечаток, так как 2-й отпечаток сделан прибором за 2 мин вместо требуемых 5 мин.

Пример 2. Наблюдения на горизонте 10 м производились с 9 ч 54 мин до 23 ч 06 мин. Интервал между измерениями равен 60 мин. Минутный диск установлен по часам наблюдателя в 9 ч 35 мин. Определить время производства отпечатков.

1-й отпечаток произведен в 10 ч 00 мин (этот отпечаток не достоверен, так как он сделан через 6 мин после погружения прибора на данный горизонт), 2-й — в 11 ч 00 мин и т. д., 14-й в 23 ч 00 мин.

При непрерывной работе свыше 24 ч (на многосуточных станциях, в особенности при автономной работе прибора) следует ввести поправку на ход часов прибора. Поправка вычисляется по разности между показаниями минутного диска прибора при подъеме и истинным временем в этот момент. Дополнительно следует проконтролировать ход часов прибора по числу сделанных на ленте

[1] В приборах первых выпусков цифры 0, 9, 18 и 27 заменены буквенными обозначениями стран света N, S, E, W. В приборах выпуска последних лет буквенные обозначения не вводятся.

отпечатков, так как расхождение в ходе часов (допустимая ошибка хода часов в приборе ±2,5 мин в сутки) при длительной работе прибора может превысить один час, а в неисправном приборе — и несколько часов.

Пример. Прибор опущен на горизонт 10 м 31 августа 1953 г. в 9 ч 28 мин. Интервал измерений 60 мин. Минутный диск установлен по часам наблюдателя в 9 ч 15 мин. Конец работы на этом горизонте 7 сентября 1953 г. в 9 ч 43 мин. После подъема у индекса минутного диска находилось 18-е деление, а часы наблюдателя показали 10 ч 33 мин. Определить поправку на ход часов.

Разность между показаниями часов наблюдателя и минутного диска 33 — —18=15 мин. Прибор пробыл в воде 168 ч 18 мин. Поправка хода часов на каждый час $\frac{15 \cdot 60}{168}=5{,}4$ с. Поправку целесообразно ввести тогда, когда она достигает 5 мин. В данном примере поправку следует вводить через каждые 55 ч работы прибора.

Снятые участки ленты следует приклеить к книжке для записи наблюдений. При подготовке ленты к наклейке необходимо отрезать кусок по высоте страницы книжки и наклеить ее в соответствующую графу. При наклейке следует смазывать не саму ленту, а место для нее в книжке. Для наклейки лучше всего употреблять фотоклей, несколько разбавленный водой. Необходимо внимательно следить за отрезком ленты, чтобы не наклеить его в перевернутом состоянии. При правильной наклейке отпечатки должны быть направлены выпуклостями вниз. При продолжительной работе с прибором тарировка вертушек БПВ может нарушаться. В таких случаях следует прибор отправить в бюро поверки для дополнительной тарировки. В книжку для записи наблюдений (табл. 15.1) в графу «скорость» в этих случаях записывают истинную скорость течения по данным тарировки. Обработка наблюдений, произведенных электрифицированным самописцем течений ЭСТ, производится аналогичным образом.

В тех случаях, когда необходимо вычислить значения проекций измеренных векторов течения на координатные оси и вычислить средние значения скорости и направления течения за определенные периоды времени, при больших рядах измерений, выполненных самописцами БПВ и ЭСТ, целесообразно использовать электронную вычислительную машину. С этой целью данные, зафиксированные приборами, должны быть закодированы и нанесены на тот вид носителя информации, который будет признан наиболее удобным для ввода в машину (перфокарты, перфоленты, магнитные ленты и др.).

В частности в ААНИИ Э. Ф. Ивановой составлена для ЭВМ «Минск-32» программа «Океан», предусматривающая получение посредством так называемого скользящего осреднения (со смещением на один час) следующих характеристик: составляющих на меридиан U и параллель V измеренных ежечасных и остаточных (средних суточных) течений, направления и скорости остаточных течений, повторяемости этих течений по градациям направления и скорости и др.

Таблица 15.1

Образец записи и обработки наблюдений, произведенных самописцем течений БПВ

Станция *№ 64/5*. Координаты: *51° 29′ с. ш., 176° 03′ в. д.* Пояс *11*. Начало: дата *30 октября 1965*, время *16 ч 10 мин.* Конец: *30 октября 1965*, время *21 ч 50 мин.* Вид станции: *эпизодическая, с судна, стоящего на якоре.* Глубина *117 м.* Грунт *песчаный.* Склонение *7° W. H_z 11 500γ.* Лента *№ 37/64.* Диск *«1,5»*, интервал *10 мин*, автоматическая поправка на склонение *7° W*. Контрольный отсчет *16 00*. Первый рабочий отпечаток *16 20*. Продолжительность непрерывной работы *5 ч 40 мин.*

Ветер: скорость *6 м/с*, направление *СВ.*

Волнение: высота *1,0 м*, направление *СВ*, тип *вв.*

Арретир открыт *15 ч 50 мин.*

При постановке: деление диска *57*, время *15 ч 57 мин.*

При подъеме: деление диска *58*, время *21 ч 58 мин.*

Количество отпечатков: должно быть *34*, сделано *34.*

Горизонт наблюдения, м	Дата и время наблюдения		Расчетное время измерения	Поправка на ход часов	Истинное время измерения	Течение		Место для наклейки ленты	Примечание
	начало ч мин	конец ч мин				направление,°	скорость, см/с		
	30 X								
10	*16 17*	*16 34*	*16 30*	*00*	*16 30*	*47*	*15*		
25	*16 35*	*16 52*	*16 50*	*00*	*16 50*	*59*	*17*		
50	*16 53*	*17 12*	*17 10*	*00*	*17 10*	*67*	*14*		
100	*17 13*	*17 32*	*17 30*	*00*	*17 30*	*73*	*13*		
113	*17 35*	*17 54*	*17 50*	*00*	*17 50*	*63*	*13*		

15.7. Обработка наблюдений, произведенных ВММ

Запись и контроль наблюдений перед обработкой. Все данные наблюдений за течениями записываются в соответствующие разделы книжки КГМ-7. В книжку заносятся следующие данные: время, заданная глубина наблюдения в метрах, угол наклона троса, исправленная глубина в метрах, число заряженных и выпавших шариков, начальный и конечный отсчеты счетчика, разность отсчетов, продолжительность наблюдений в секундах, разброс шариков (число шариков, выпавших в отдельные секторы компасной коробки), курс судна.

Заполнение остальных граф наблюдательской книжки производится в процессе обработки. Образец записи приведен в табл. 15.2.

Разброс шариков записывается следующим образом: большой цифрой отмечается номер сектора коробки, а маленькой в виде показателя снизу и справа от большой — число шариков, находящихся в этом секторе. Номера секторов располагаются против часовой стрелки, что позволяет сразу определить, куда идет течение. Записи отдельных секторов разграничиваются небольшими промежутками (запятая между ними не ставится). Например: $32_3 33_1 35_4$ означает, что в секторе 32 упало 3 шарика, в секторе 33 — 1 шарик и в секторе 35 — 4 шарика. Образец записи и обработки наблюдений приведен ниже.

Перед тем как приступить к первичной обработке материалов наблюдений, необходимо их критически просмотреть:

1) сопоставить число оборотов лопастного винта с числом выпавших шариков;

2) оценить допустимость разброса шариков по секторам;

3) установить возможность применения арифметического или геометрического способа обработки наблюдений течений.

Число оборотов лопастного винта пропорционально числу выпавших шариков. 100 оборотам соответствует 3 выпавших шарика, т. е. один шарик приходится на 33—34 оборота лопастного винта, поэтому произведение из числа выпавших шариков на 33 должно приблизительно равняться числу оборотов лопастного винта, определенному по разности показаний счетчика оборотов. Однако такое соотношение справедливо при значительном числе оборотов лопастного винта, в начале же и в конце наблюдений оно нарушается. Если при сопоставлении окажется, что произведение из числа выпавших шариков на 33 отличается от фактического числа оборотов лопастного винта более чем на 33 единицы, то такие наблюдения берутся под сомнение. При этом необходимо иметь ввиду, что иногда несоответствие между числом оборотов лопастного винта и числом выпавших шариков является результатом ошибочного отсчета числа оборотов по счетчику, так как иногда забывают, что показания по среднему циферблату счетчика нарастают не по движению часовой стрелки, как на двух крайних циферблатах, а в обратном направлении. В результате этого отсчет по сред-

нему циферблату производится неверно: отсчитывают, например, 600 вместо 400 или 800 вместо 200 и т. п. При сопоставлении числа оборотов винта с числом выпавших шариков подобные ошибки легко могут быть обнаружены, исправлены и оговорены в книжке для записи наблюдений.

При проверке разброса шариков по секторам отбрасывают единичные шарики секторов, отклоняющихся от крайних пределов сектора преобладающего выпадения шариков более чем на 90°. Однако такое отбрасывание допускается только при наличии продолжительных сильных течений, а также в момент смены приливных течений, причем в последнем случае в графе примечаний должно быть обязательно отмечено: «смена течений».

При равномерном разбросе шариков по всем или большему числу секторов данные обычно не обрабатываются, так как это может быть вызвано размагничиванием компасной стрелки. В ряде случаев, когда наблюдения ведутся в районе со слабыми течениями, разброс шариков может быть значительным, эти наблюдения обрабатываются, но результаты помещают в скобки, как вызывающие сомнение.

Первичная обработка может выполняться арифметическим или геометрическим способом. Для решения вопроса о том, каким способом следует пользоваться, необходимо в каждом отдельном случае определить угол между крайними секторами выпадения шариков. Если этот угол меньше $(30°+4n)$, где n — общее число выпавших шариков, то применяют арифметический способ, если же угол больше $(30°+4\ n)$ — геометрический способ.

Результаты отдельных наблюдений относятся ко времени, определенному с точностью до одной минуты, как среднее из моментов удара первого и второго посыльных грузов.

Арифметический способ обработки. Обработка течений арифметическим способом производится следующим образом.

1. Определяют число оборотов винта в секунду с точностью до 0,01 об/с. Для этого разность отсчетов конечного и начального показаний счетчика оборотов делят на время наблюдений в секундах, равное разности между моментами ударов второго и первого посыльных грузов.

2. По найденному числу оборотов лопастного винта в секунду находят по тарировочной кривой, прилагаемой к каждому прибору, искомую скорость течения в см/с.

Для удобства вместо определения скорости течения по тарировочной кривой составляют тарировочную таблицу (табл. 15.3) и в дальнейшем для обработки наблюдений пользуются ею. Рекомендуется таблицу составлять в пределах, соответствующих наблюдаемым скоростям течения.

В первом столбце таблицы записывают число n оборотов винта в секунду с точностью до десятых долей, сотые доли n указывают в подзаголовке таблицы. Значения скорости течения V см/с записывают в таблицу на соответствующих пересечениях строк и столбцов таблицы. Например, на пересечении первой строки и шестого

Образец записи и обработки в книжке КГМ-7 наблюдений

Разрез № 6/3. Станция № 62/3. Координаты 51° 29′ с. ш., 176° 03′ в. д.

Пояс 11. Число 15. Месяц Июнь. Год 1952. Начало 20 ч 10 мин. Конец 23 ч 45 мин. Глубина 121. Грунт песчаный. Склонение 7° W.

Время наблюдений, ч мин	Заданная глубина, м	Угол наклона троса, °	Исправленная глубина, м	Число шариков		Отсчеты счетчика			Продолжительность наблюдений, с	Число оборотов в секунду
				заражено	выпало	начальный	конечный	разность		
20 26	50	5	50	23	17	450	711	261	300	0,87
20 40	25	5	25	23	4	1853	1965	112	300	0,37
20 56	50	5	50	23	5	1965	2146	181	300	0,60
21 13	100	5	100	23	5	2146	2335	189	300	0,63
21 28	116	3	116	23	5	2335	2443	113	300	0,38

Таблица 15.2

а течениями, произведенных морской вертушкой

Судно: на двух якорях, на одном якоре, в дрейфе (ненужное зачеркнуть).

Ветер: скорость 4 *м/с*, направление *ЮЗ*.

Волнение: высота *0,5 м*, направление *ЮЗ*, тип *вв*

Разброс шариков	Магнитное направление течения, °	Истинное направление течения, °	Коэффициент рассеивания	Скорость по тарировочной кривой, см/с	Истинная скорость течения, см/с	Курс судна, °	Примечание
$3_1\ 5_3\ 6_2\ 10_4\ 11_2$ $14_3\ 17_1\ 19_1\ 22_1$	107	100	0,67	42	28	122	
$10_1\ 12_1\ 13_1\ 14_1$	123	116		14	14	120	
$9_1\ 10_1\ 12_3$	110	103		22	22	118	
$12_1\ 13_1\ 14_3$	134	127		22	22	125	
$10_1\ 11_1\ 13_1$	113	106		14	14	116	

Таблица 15.

Тарировочная таблица морской вертушки № 286 (скорость течения V см/с в зависимости от числа оборотов винта в секунду, n)

n	0,00	0,01	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06	0,07	0,08	0,09
0,0	04	05	05	05	05	05	06	06	06	06
0,1	06	07	07	07	07	08	08	08	08	09
0,2	09	09	10	10	10	11	11	11	12	12
0,3	12	13	13	13	14	14	14	15	15	15
0,4	16	16	16	17	17	18	18	18	19	19
0,5	20	20	20	21	21	22	22	22	23	23
0,6	24	24	24	25	25	26	26	26	27	27
0,7	28	28	28	29	29	30	30	30	31	31
0,8	32	32	32	33	33	34	34	34	35	35
0,9	36	36	36	37	37	38	38	38	39	39
1,0	40	40	40	41	41	42	42	42	43	43
1,1	44	44	44	45	45	45	46	46	47	47
1,2	47	48	48	49	49	49	50	50	51	51

столбца записывают значения $V(5)$ для $n=0{,}05$ об/с, а на пере сечении четвертой строки и пятого столбца значение V (14) дл $n=0{,}34$ об/с.

Таблицу строят следующим образом. Начальную скорость вер тушки снимают с тарировочной кривой (точка пересечения криво с осью ординат). Тарировочный график на значительном протя жении прямолинеен, и только при малых значениях V имеет изги Для увеличения точности отсчета эту часть графика строят от дельно в укрупненном масштабе. Кривую разбивают ординатам в зависимости от ее крутизны на такое количество отрезков, чтоб каждый из них мог быть принят за отрезок прямой. В точках пе ресечения ординат с графиком, т. е. на границах отрезков, значе ния V снимают непосредственно с графика, а для остальных точе находят интерполяцией.

Значения V, соответствующие прямолинейной части графика снимают с основной кривой; для этого на кривой выбирают дв точки: одну — возможно ближе к ее верхнему концу, а другую — в нижней части кривой, там где прямая линия переходит в криву (точка, соответствующая верхней точке на кривой, построенно в увеличенном масштабе). Затем определяют значения n и V дл этих точек. Значения n и V для остальных точек находят интер поляцией. Вычисленные значения V проверяют на выборку по гра фику через 0,5 об/с.

3. Вычисляют среднее направление течения за время наблюд ния. Для этого номер каждого сектора умножают на число ша риков, выпавших в этот сектор; сумму полученных произведени делят на общее число выпавших шариков и результат умножаю на 10, так как каждый сектор соответствует 10°.

Пример. В компасную коробку выпало 20 шариков $3_8\,4_7\,5_5$. Среднее магнитное направление течения (куда) равно

$$\frac{(3\cdot 8)+(4\cdot 7)+(5\cdot 5)}{8+7+5}\cdot 10=38^\circ.$$

Если шарики распределяются в компасной коробке таким образом, что часть из них попадает в первые секторы (0, 1, 2, 3), а часть — в последние (33, 34, 35), то предварительно к номеру каждого сектора 0, 1, 2 прибавляют 36 и затем производят вычисления, как указано выше.

Пример. В компасную коробку выпало 16 шариков: $33_1\,34_2\,35_3\,0_6\,1_3\,2_1$. Среднее направление течения (куда) равно

$$\frac{(33\cdot 1)+(34\cdot 2)+(35\cdot 3)+(36\cdot 6)+(37\cdot 3)+(38\cdot 1)}{1+2+3+6+3+1}\cdot 10=357^\circ.$$

Если в результате получится величина больше 360°, то из нее следует вычесть 360°. Например, при вычислении получалось 365°, тогда среднее направление течения $365-360=5^\circ$.

4. Определяется истинное направление течения (куда) путем введения в магнитное направление течения поправки на склонение компаса, показанной на карте и приведенной к году наблюдения над течением.

Полученная поправка с соответствующим знаком придается к магнитному направлению течения. Склонение компаса прибавляется к магнитному направлению, если оно восточное, и вычитается, если оно западное.

Магнитное склонение — угол между магнитным и истинным меридианами данного места. Восточному склонению придают знак плюс (+), западному — минус (—). Склонение не остается постоянным, причем годовое изменение его для различных районов неодинаково. Магнитное склонение, год его определения, знак и годовое изменение указываются на морских картах. Склонение приводится к году наблюдений. Для этого годовое изменение склонения умножается на число лет, начиная от года, к которому отнесено показанное на карте склонение, и полученное число алгебраически прибавляется к склонению.

Геометрический способ обработки. *Графическая обработка.* Вычисление средних значений скорости и направления течения геометрическим способом производится следующим образом:

1) по разности числа оборотов винта после и перед наблюдением на данном горизонте, деленной на время наблюдения в секундах, с помощью тарировочной кривой или тарировочной таблицы определяется средняя наблюденная скорость течения;

2) графически определяется магнитное направление (азимут) результирующего (искомого) течения за время наблюдений. Для этого, расположив секторы, в которые выпали шарики, в возрастающем порядке их номеров, строят на миллиметровке в прямоугольных координатах прогрессивный векторный график наблюденного течения в следующей последовательности: все номера секторов разброса шариков последовательно умножают на 10, затем

из начала координат при помощи транспортира проводят первый вектор, направление которого соответствует сектору с наименьшим номером. Длину вектора в масштабе 1 см=1 шарику принимают равной числу выпавших в данный сектор шариков. От конца этого вектора строят таким же образом второй вектор графика по направлению соответствующему второму сектору, и т. д. до последнего сектора. Общее число векторов графика должно быть равно числу секторов, в которых были обнаружены шарики. Линия *OA*, соединяющая начало первого вектора (начало координат) с концом последнего, даст направление результирующего течения (рис. 15.11);

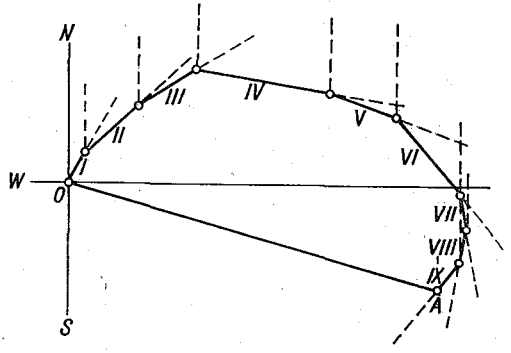


Рис. 15.11. Векторный график для определения результирующего течения геометрическим способом.

3) определяют истинное направление течения путем введения поправки на склонение тем же порядком, что и при арифметическом способе;

4) вычисляют среднюю истинную скорость течения путем перемножения коэффициента рассеивания шариков на среднюю скорость течения, вычисленную по счетчику оборотов[1].

Для определения коэффициента рассеивания шариков следует разделить длину результирующего вектора течения *OA*, снятого с графика в принятом масштабе с точностью до 0,1 см, на общее число выпавших шариков.

Коэффициент рассеивания записывается в наблюдательскую книжку в виде десятичной дроби с точностью до двух знаков после запятой.

Пример. В компасную коробку выпало 17 шариков:

3_1 5_2 6_2 10_4 11_2 14_3 17_1 19_1 22_1

Средняя наблюденная скорость течения, по данным тарировочной кривой согласно показаниям счетчиков оборотов винта, равна 42 см/с, склонение компаса — 7° *W*. Требуется определить истинное направление и скорость течения.

Угол разброса шариков $(22-3)\cdot 10=190°$; $30°+4n=30+4\cdot 17=98°$; $190° > 98°$ следовательно, для определения истинных элементов течения необходимо применить геометрический способ.

Умножив номера секторов, в которые выпали шарики, на 10, располагают их в возрастающем порядке и, приняв масштаб 1 см=1 шарику, получают

№ вектора	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX
Магнитный азимут	30	50	60	100	110	140	170	190	220
Длина отрезка	1	2	2	4	2	3	1	1	1

[1] Коэффициент рассеивания характеризует устойчивость направления течения за время наблюдения. Если за время работы прибора направление течения не изменилось, то коэффициент рассеивания равен единице. Во всех остальных случаях он будет меньше единицы.

Построив затем, как указано выше, векторный график и соединив точку O с A, с помощью транспортира определяют, что угол NOA равен 107°. Этот угол соответствует магнитному направлению течения. Истинное же направление течения будет 107° — 7° = 100°.

Длина результирующего вектора OA в принятом масштабе равна 11,4 см. Разделив это значение на общее число выпавших шариков, находят коэффициент рассеивания, равный 0,67. Затем этот коэффициент умножают на среднюю скорость течения 42 и получают истинную скорость течения: 0,67·42 = =28 см/с.

Обработка при помощи векторного круга. Направление и скорость результирующего течения можно определить значительно проще с помощью векторного круга. Он состоит из двух наложенных друг на друга кругов (рис. 15.12): нижнего неподвижного и верхнего, вращающегося на оси, укрепленной в центре нижнего круга. Нижний круг сделан из фанеры и на него наклеивается миллиметровая бумага. Верхний круг сделан из целлулоида с делениями по окружности через 1°. Нижний круг имеет рукоятку. Диаметр круга обычно равен 10 см, однако имеются круги и другого диаметра. Чем больше диапазон измерений скорости течения и чем выше задается точность вычислений, тем диаметр круга должен быть больше. У нижнего конца вертикального

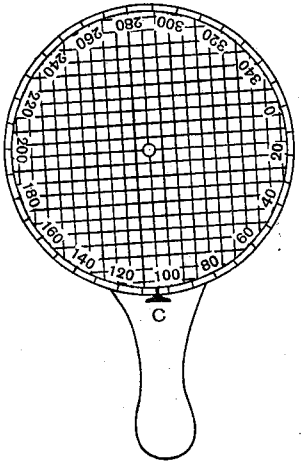


Рис. 15.12. Векторный круг для обработки течений.

диаметра со стороны рукоятки на неподвижном круге укреплена стрелка-указатель С.

Определение элементов течения при помощи круга производится таким образом: к стрелке-указателю подводят деление, соответствующее направлению первого вектора (30°), и откладывают от центра круга вверх в произвольном масштабе (например, 1 см = 1 шарику) отрезок, равный числу шариков, выпавших в данный сектор. Конец отрезка отмечают на верхнем круге точкой. Затем подводят к стрелке деление, соответствующее направлению второго вектора (50°), и от полученной ранее точки откладывают вверх в принятом масштабе второй отрезок, равный числу шариков, выпавших в этот сектор (2 см). Конец второго отрезка также отмечают карандашом на верхнем круге точкой. Подобным же образом на круге отмечают концы всех остальных векторов, причем конец последнего вектора отмечают крестиком. Совместив после этого конец последнего вектора с верхней половиной вертикальной оси нижнего круга, получают у стрелки искомый магнитный азимут направления результирующего течения (107°), внеся поправку на склонение (7° W), получают истинное направление

течения (100°). Разделив расстояние между концом последнего вектора и центром круга (11,4) на общее число выпавших шариков (17), находят коэффициент рассеивания шариков, равный 0,67. Этот коэффициент умножают на среднюю наблюденную скорость, вычисленную по показанию счетчика оборотов, и получают среднюю скорость течения: $0{,}67 \cdot 42 = 28$ см/с.

Табличный способ обработки. Вычисление скорости и направления течения геометрическим способом можно производить и при помощи таблиц для обработки наблюдений за течениями [106]. Вычисления производятся следующим образом:

1) определяют среднюю наблюденную скорость течения на данном горизонте (см. арифметический способ обработки);

2) выписывают азимут и длину векторов, подлежащих векториальному сложению (см. графический способ обработки);

3) при помощи первой части таблиц определяют составляющие каждого из векторов на меридиан и параллель;

4) вычисляют алгебраическую сумму значений составляющих на меридиан и параллель;

5) по полученным суммам из второй части таблиц выбирают результирующий вектор; при его определении следует учитывать правило знаков, приведенное в пояснениях к таблицам. Направление результирующего вектора является магнитным направлением течения. Для того чтобы получить искомую скорость течения, следует умножить длину результирующего вектора на наблюденную среднюю скорость течения и полученное значение разделить на общее число выпавших шариков. Пример, условия которого приведены выше, решается при помощи таблиц следующим образом

Вектор		Составляющие	
магнитный азимут	длина	на меридиан	на параллель
30	1	0,9	0,5
50	2	1,3	1,5
60	2	1,0	1,7
100	4	—0,7	3,9
110	2	—0,7	1,9
140	3	—2,3	1,9
170	1	—1,0	0,2
190	1	—1,0	—0,2
220	1	—0,8	—0,6
$\sum$	17	—3,3	10,8

По этим данным магнитное направление течения равно 107°, длина результирующего вектора 11,4 см. Истинное направление течения равно 107°—7°=100°. Истинная скорость течения составляет $\frac{11{,}4 \cdot 0{,}42}{17} = 0{,}67 \cdot 42 = 28$ см/с.

15.8. Измерение течений поплавками

Для производства наблюдений за течениями в верхних слоях употребляются привязные или свободно плавающие поплавки. Наиболее распространен способ наблюдений двойными привязными поплавками. При помощи их возможны наблюдения при скорости ветра меньше 6 м/с, при волнении, не превышающем 2—3 балла, и при скорости течения, большей 0,1 м/с.

Устройство двойных привязных поплавков. Привязные поплавки (рис. 15.13) представляют собой два цилиндрических сосуда в виде ведра диаметром 20—30 см и высотой 40—50 см. Верхний сосуд отличается от нижнего наваренным сверху конусом с нешироким горлышком, закрывающимся пробкой. К нижнему краю верхнего сосуда приделана дужка, за которую крепится линь, соединяющий верхний и нижний сосуды; у нижнего сосуда линь крепится за такую же дужку, приделанную к верхнему его краю.

Для лучшей видимости поплавка на воде коническая часть верхнего сосуда окрашивается яркой оранжевой краской, а в пробку вставляется флажок. Для работы в темное время суток в пробку вставляется электрический фонарик. Можно также освещать поплавок судовым прожектором. В верхнем поплавке имеется вторая дужка, за которую прикрепляется линь, длиной до 200 м, с подвязанными к нему через каждые 10 м пенопластовыми поплавками. На расстоянии 1—1,5 длины корпуса судна на линь накладывается марка; вторую и третью марки накладывают на линь на расстоянии 60 и 180 м от первой. Расстояние между обеими марками следует перед каждым выездом поверять. Результаты поверки записывают в книжку КГМ-5. Марки, сместившиеся больше чем на 1 м, следует переставить.

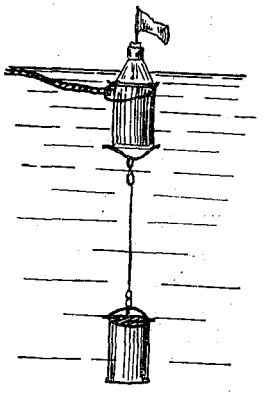


Рис. 15.13. Двойные привязные поплавки.

Производство наблюдений за течениями при помощи двойных привязных поплавков. При измерении течения в поверхностном слое нижний сосуд привязывают к верхнему так, чтобы расстояние от верха цилиндрической части верхнего сосуда до середины нижнего сосуда было равным 1 м. При измерении глубинного течения[1] это расстояние у второй пары поплавков должно быть равно глубине, на которой определяется течение (оно не должно превышать 10 м, так как на большей глубине наблюдения ненадежны). Для придания всей системе надлежащей плавучести нижний сосуд загружают балластом с таким расчетом, чтобы

[1] Для измерения течения на глубине употребляют две пары поплавков: «поверхностную» и «глубинную» (см. ниже).

верхний сосуд погружался в воду до основания конуса. Окончательное уравновешивание поплавков достигается путем добавления в верхний сосуд песка или воды. После загрузки балластом верхний сосуд плотно закрывается.

Скорость течения определяется по времени, которое требуется на вытравливание длины линя между двумя марками, находящимися на лине, а направление — по углу между направлением на поплавок и диаметральной плоскостью судна.

Для измерения угла между направлением на поплавок и диаметральной плоскостью судна пользуются пель-компасом [1]. Вместо пель-компаса можно воспользоваться любым компасом, желательно с азимутальным кругом. Тренога с пель-компасом устанавливается на корме так, чтобы нуль азимутального круга был обращен к корме, а линия 0—180° совпадала с диаметральной плоскостью судна. Отсчет направления поплавка производится по азимутальному кругу. Если на судне нет компаса с азимутальным кругом, направление на поплавок отсчитывается непосредственно по картушке компаса.

Пель-компас следует устанавливать в порту, когда судно стоит у стенки. Место установки пель-компаса закрепляют деревянными башмаками, на которые ставят треногу. При установке одновременно пеленгуют по главному компасу и по пель-компасу какой-нибудь возможно более удаленный предмет, при этом оба пеленга отсчитывают по азимутальным кругам. Если взятые таким образом пеленги будут отличаться друг от друга ровно на 180°, то это означает, что азимутальный круг пель-компаса правильно ориентирован относительно диаметральной плоскости судна. В противном случае необходимо несколько развернуть пель-компас в ту или другую сторону и убедиться в правильной ориентировке повторным одновременным пеленгованием по обоим компасам одного и того же удаленного предмета. После этого, не нарушая правильной ориентировки пель-компаса, устанавливают его пеленгатор на отсчет, равный 0°, и замечают на судовой трубе, мачте или какой-нибудь надстройке вертикальную линию, пеленг которой соответствует нулевому отсчету пель-компаса. Эту линию закрепляют нанесенной красной чертой. При наличии такой черты можно всегда, находясь в море, быстро и правильно ориентировать азимутальный круг. Для этого необходимо установить треногу в точке, закрепленной еще в порту деревянными башмаками, и развернуть азимутальный круг таким образом, чтобы пеленг черты был бы равен 0°.

По обе стороны треноги с пель-компасом устанавливают ручные вьюшки для намотки линя поплавков.

При работах со шлюпки допускается определять направление течения при помощи буссоли. В этом случае отмечают угол между направлением на север и направлением на поплавок.

---

[1] Пель-компас представляет собой котелок на карданном подвесе, устанавливаемый на треноге и имеющий азимутальный круг с делениями, и пеленгатор в виде двух диоптров на линейке, двигающейся по окружности котелка.

Для измерения течения на глубине употребляются две пары поплавков: одна пара для измерения поверхностных течений (расстояние между сосудами 1 м), а другая — для измерения течений на глубине (расстояние между сосудами равно заданной глубине). Один из наблюдателей ведет наблюдения за поплавками для поверхностного течения, другой — за поплавками для глубинного течения.

Наблюдения производятся в следующей последовательности:

1) уравновешивают поплавки и опускают их в воду;

2) травят лини с вьюшек, пока не выйдет за борт начало разметки линя одной из пары поплавков;

3) задерживают выпуск этого линя, пока не выйдет за борт начало разметки второго линя;

4) включают секундомер и пускают обе пары поплавков одновременно;

5) травят лини до тех пор, пока не выйдет вторая марка на каждом из них, и замечают эти моменты для обоих линей по секундомеру. При больших скоростях течения травить линь следует, пока не выйдет за борт третья марка;

6) быстро выбирают слабину у обоих линей и подводят к угломерному прибору линь от глубинной пары поплавков;

7) определяют пеленг на глубинную пару поплавков с точностью до 1°. Одновременно замечают курс судна по главному компасу;

8) подводят к угломерному прибору линь от поверхностной пары поплавков;

9) определяют пеленг на эту пару поплавков также с точностью до 1° и замечают курс судна по главному компасу.

Результаты измерений записывают в книжку для записи наблюдений.

В начале и в конце измерений (при многочасовых наблюдениях в начале и в конце каждой серии) определяют скорость и направление ветра.

Определение течений путем наблюдения за движением пущенного в свободный дрейф поплавка называется способом прослеживания. Координаты поплавка определяются с берега или с судна, стоящего на якоре. Моменты определения координат отмечаются с точностью до минут. Координаты поплавка следует определять (в зависимости от скорости течения) не менее чем через 10 мин и не более чем через 1 ч.

Поплавки изготавливаются из подручных средств. Основное требование, которому должны удовлетворять поплавки, состоит в том, что площадь вертикального сечения поплавка, возвышающаяся над поверхностью воды, и площадь сечения части поплавка, погруженной в воду, должны находиться в отношении 1 : 100 и меньше.

Для создания поплавков с большим подводным сопротивлением целесообразно их подводную часть делать в виде вертикальной плоскости требуемых размеров. Такую плоскость

Таблица 15.4

Форма журнала бутылочной почты и пример записи наблюдений

Море _____

(учреждение) _____ Район _____

Пуск бутылок						Сведения об обнаружении			
№ серии	№ бутылок	дата и время	координаты (φ, λ)	ветер	примечания	№ бутылки	дата и время	координаты (φ, λ)	примечания
1	*1, 2, 3 4, 6, 9*	*20 01 1967 14 ч 00 мин*	*Траверз м. Рыбачий, 600 м от берега, 44° 29′6 с. ш., 38° 14′3 в. д.*	ЮЮЗ *5—6 м/с*	*После пуска бутылки пошли на север*	*3*	*21 X 1967 8 ч 00 мин*	*44° 30′ 2 с. ш. 38° 15′ 0 в. д.*	*В волноприбойной зоне на пляже д/о «Звезда»*
						1	*21 X 1967 18 ч 00 мин*	*44° 30′ 1 с. ш. 38° 14′ 8 в. д.*	*На берегу в 1 км от м. Серая скала за пляжем д/о «Звезда»*
						6	*28 X 1967 16 ч 30 мин*	*44° 29′ 7 с. ш. 38° 14′ 9 в. д.*	*У пристани пос. Кабардинка*

(демпфер) легко изготовить, натянув между двумя планками какую-либо прочную ткань. Верхняя планка горизонтально крепится к буйку с мачтой, к нижней крепится груз.

Для наблюдения за поплавками с помощью радиолокатора необходимо оснащать поплавки отражателями такой конструкции, которая обеспечивала бы хорошую видимость по радиолокатору и обладала бы небольшим ветровым дрейфом.

Наблюдения за течениями на больших площадях. Для наблюдения течений на больших площадях применяются авиаметоды с использованием специальных малогабаритных поплавков, снаряженных красителями. Конструкция поплавков описана в «Руководстве по применению авиаметодов в океанографии» [156].

Бутылочная почта. В качестве поплавков бутылочной почты используются бутылки повышенной прочности (из-под шампанского). В бутылку закладывается карточка с просьбой к нашедшему заполнить ее и опустить в почтовый ящик. На одной стороне карточки пишется адрес, куда следует направить карточку. На другой ее стороне — ответы на вопросы: 1) где найдена бутылка (указать координаты или название пункта); 2) когда она найдена (час, день, месяц, год); фамилия и адрес нашедшего.

Перед сбрасыванием бутылка заполняется балластом (например, сухим песком) для того, чтобы горлышко бутылки возвышалось над поверхностью воды не более чем на 2—3 см. Бутылку тщательно закупоривают и пробку смолят. Карточки, вкладываемые в бутылку, нумеруют и в журнале отмечают дату, время и место пуска каждой бутылки.

В карточке пробивается отверстие, в которое продевается прочная нить. Конец нити выпускается из горла бутылки с таким расчетом, чтобы, открыв бутылку, можно было легко извлечь карточку. Карточка для этого свертывается в трубку и стягивается резинкой. Сведения о пущенных бутылках регистрируются в журнале (табл. 15.4). Первичная обработка результатов наблюдений поплавками производится по схематической карте, на которую наносятся траектории движения поплавков. Схематическая карта может быть построена в масштабе 1 : 10 000 или 1 : 2500. Точки, в которых отмечены поплавки, соединяются прямыми линиями. Снятое со схемы расстояние, пройденное поплавками, делят на время и получают скорость течения в см/с.

Глава 16. НАБЛЮДЕНИЯ ЗА ТЕЧЕНИЯМИ НА ХОДУ СУДНА

16.1. Электромагнитный метод измерения течений

Для измерения морских течений электромагнитным методом применяется электромагнитный измеритель течений ЭМИТ[1].

[1] В иностранной литературе прибор называется геоэлектрокинетограф или сокращенно ГЭК.

ЭМИТ применяется для определения и регистрации морских течений в поверхностном слое на ходу судна. Принцип действия ЭМИТа [84, 134] основан на индукции электродвижущей силы в отрезке кабеля, буксируемого за судном и перемещающегося вместе с течением в магнитном поле Земли. Принципиальная схема применения ЭМИТа представлена на рис. 16.1, где показаны три последовательных положения сносимого течением судна с буксируемым ЭМИТом. На рисунке *а* и *б* — электроды; L — расстояние между ними (база измерения); $V_т$ — вектор морского течения; $V_к$ — скорость судна; $V_с$ — составляющая скорости течения, нормальная к курсу судна; $V_{тк}$ — составляющая скорости течения по курсу судна; $V_к+V_т$ — суммарный вектор скорости судна

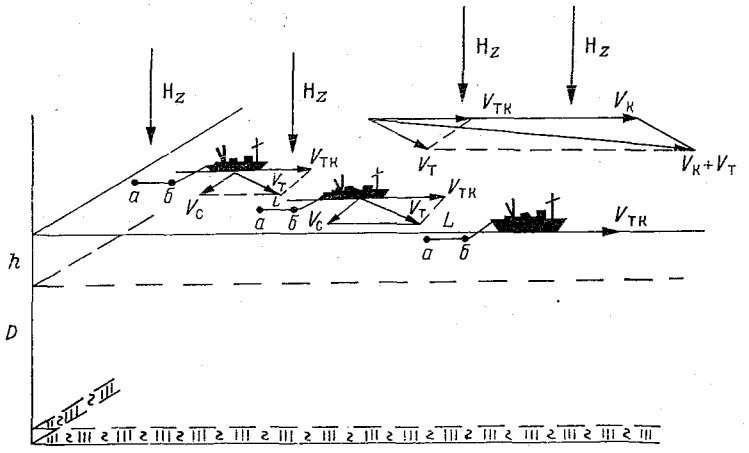


Рис. 16.1. Принципиальная схема применения ЭМИТа.

на течении; h — слой, охваченный течением; D — неподвижные глубинные воды и электропроводное дно.

Закон электромагнитной индукции Фарадея применительно к ЭМИТу выражается в виде

$$E=\mathbf{L}\,[\mathbf{V}\cdot\mathbf{H}], \qquad (16.1)$$

где E — электродвижущая сила индукции, $\mathbf{V}$ — вектор скорости перемещения кабеля и судна течением, $\mathbf{H}$ — вектор напряженности магнитного поля Земли, $\mathbf{L}$ — база измерения (отрезок кабеля между точками электродов *а* и *б*).

Судно с кабелем сносится течением в горизонтальной плоскости. Поэтому эффективной для индукции ЭДС в кабеле может быть только вертикальная составляющая H_z магнитного поля, перпендикулярная вектору течения.

При буксировании кабель вытягивается за кормой и направлен вдоль вектора относительной скорости судна. Следовательно, измеряемая ЭДС не будет зависеть от скорости судна и определяется только направлением и значением бокового сноса течением

Знак индуцированной в кабеле ЭДС зависит от направления магнитного поля Земли и направления перемещения кабеля. Благодаря этому ЭМИТ регистрирует значения ЭДС, строго соответствующие направлениям бокового сноса кабеля относительно курса буксирующего его судна. Например, в условиях северного магнитного полушария (рис. 16.1) положительному значению ЭДС (по направлению движения судна) соответствует перемещение кабеля вправо от курса (правый снос), а отрицательному — влево от курса (левый снос).

В идеальных условиях, когда буксируемый кабель горизонтален и сносится вместе с судном поверхностным течением, геомагнитное поле спокойно и море глубокое, допустимо выражение (16.1) переписать в более удобной для практических целей форме

$$E = LVH_z. \qquad (16.2)$$

Изданные в СССР в 1958 г. для Морского атласа магнитные карты на эпоху 1955 г. позволяют снимать значения H_z с погрешностями примерно 0,01—0,03 Э.

Мировые магнитные карты, составленные в ИЗМИРАН на эпоху 1970 г., более точны и их среднюю погрешность по H_z следует считать для большинства районов Мирового океана не превышающей 0,004—0,005 Э. Воспроизведенная в уменьшенном масштабе такая карта в приложении 4 настоящего Руководства позволяет снимать значения H_z с погрешностью порядка 0,01 Э. Такая точность в большинстве случаев работы с ЭМИТом (за исключением приэкваториальных районов) вполне достаточна, так как вносимая при этом относительная погрешность в измерение течений не будет превышать 3—5%.

Следовательно, зная H_z и L и измеряя E на ходу судна, можно не только принципиально определять скорость перемещения кабеля вместе с течением, но и практически рассчитывать нормальную к курсу составляющую скорости сноса судна течением, т. е.

$$V_c = \frac{E}{H_z L} \cdot 10^{-3}, \qquad (16.3)$$

где V_c — скорость бокового сноса кабеля и судна течением, или составляющая скорости течения, нормальная к курсу судна, м/с; E — ЭДС, измеряемая на судне потенциометром, мВ; H_z — вертикальная составляющая напряженности магнитного поля Земли, Э; L — длина отрезка кабеля между электродами (база измерения), м; 10^{-3} — множитель, зависящий от принятой системы единиц измерения.

Однако в реальных условиях в результате движения масс морской воды под действием горизонтального течения в воде возникает электрическое поле индукции, которое является методической погрешностью геоэлектромагнитного метода измерения течений. Относительная ошибка в измерениях E и, соответственно, V_c учитывается при обработке данных ЭМИТа специальным коэффи-

циентом K, зависящим от вертикального распределения скоростей течений, глубины моря и электропроводности дна. Коэффициент K определяется эмпирически из сравнения результатов измерений ЭМИТом с измерениями течений другими методами. Согласно теоретическим расчетам, его значение зависит от отношения толщины слоя течения h к толщине слоя D находящейся под ним неподвижной воды и с большой степенью приближения, как будет показано ниже, определяется выражением $K=1+h/D$. Следовательно, измерения ЭМИТом наиболее близки к истинным в том случае, когда глубина слоя D несоизмеримо больше глубины слоя h. Поэтому электромагнитный метод наиболее эффективен в условиях глубокого моря.

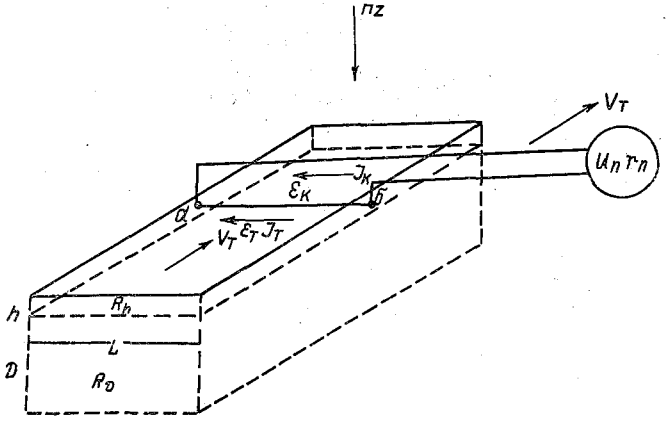


Рис. 16.2. Измерение скорости перемещающегося кабеля по ЭДС индукции в нем.

Для измерения ЭДС индукции в любом проводнике, перемещающемся в однородном магнитном поле, необходима измерительная цепь, часть которой должна быть неподвижной относительно поля. В противном случае в замкнутом контуре измерительной цепи все генерируемые ЭДС взаимно компенсируются.

Возможность измерений E на ходу судна создается самим морем. Морская вода относится к числу ионных проводников электрического тока, являясь раствором электролитов. Благодаря этому, во-первых, обеспечивается достаточно надежная цепь замыкания измерительного кабеля ЭМИТом, электрический контакт которого в этой цепи с морской водой осуществляется посредством электродов, и, во-вторых, все движущиеся слои водных масс моря электрически замкнуты, в свою очередь, на неподвижные глубинные воды и электропроводные осадочные толщи дна.

Рассмотрим процессы индукции электродвижущей силы в кабеле ЭМИТа, морской воде и в измерительной цепи ЭМИТа в целом.

Представим схематически на рис. 16.2 часть моря глубиной $D+h$ с течением в поверхностном слое толщиной h. Для простоты рассуждений разместим измерительную кабельную систему ЭМИТа перпендикулярно течению $V_т$. Длина измерительной базы (расстояние между электродами *а—б*) по-прежнему равна L. Тогда в измерительной базе ЭМИТа и в слое течения будут генерироваться электродвижущие силы $E_к$ и $E_т$, пропорциональные $V_т$ и H_z, одного и того же направления и равные по значению. Замыкаясь на нижележащую морскую воду, они создают в ее толще электрические токи, образующие замкнутый контур (рис. 16.3). В цепи этого контура имеются участки последовательно соединенных проводников (кабель—морская вода слоя h) и параллельно подключенного слоя D (глубинные воды и дно).

Ток, возникающий в кабеле, будет равен

$$I_к = \frac{E_к}{r+R+r_n}, \qquad (16.4)$$

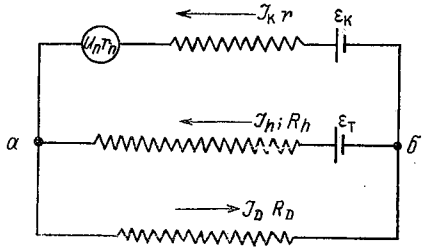


Рис. 16.3. Эквивалентная электрическая схема ЭМИТа.

где r — сопротивление кабеля, который в данном случае может рассматриваться как датчик напряжения или генератор с определенным внутренним сопротивлением; r_n — внутреннее сопротивление регистратора; R — сопротивление внешней части цепи (цепи замыкания на воду), равное

$$R = \frac{R_h R_D}{R_h + R_D}. \qquad (16.5)$$

Включенный в цепь измеритель напряжения (регистрирующий потенциометр) при этом токе замерит напряжение

$$U_п = I_к r_n. \qquad (16.6)$$

Из выражений (16.4) и (16.6) следует, что

$$E_к = U_п\left(1 + \frac{r+R}{r_n}\right). \qquad (16.7)$$

При компенсационном методе измерения напряжения в момент компенсации ток в цепи контура будет равен нулю, что соответствует в (16.6) $r_n = \infty$. Таким образом, на основании выражения (16.7) будет справедливо равенство

$$U_п = E_к. \qquad (16.8)$$

Следовательно, ЭДС $E_к$ может быть измерена без погрешностей только в том случае, если перемещается кабель, а вода неподвижна и выполняет лишь функцию проводника замыкания контура.

В морском течении обычно наблюдается вертикальный градиент скорости. Благодаря этому в толще морской воды создается градиент ЭДС индукции, определяющий в свою очередь возникновение циркуляционных электрических токов. Последние замыкаются на неподвижные слои воды. Когда дно и берега обладают высокой проводимостью, возникают дополнительные циркуляционные токи, возвращающиеся в море через Землю. В результате в море всегда существует электрическое поле, напряженность которого $E_п$ вносит погрешность в измерения течений электромагнитным методом, нарушая равенство (16.8), а именно:

$$U_п = E_т - E_п, \tag{16.9}$$

где $U_п$ — измеряемое напряжение; $E_т$ — ЭДС, соответствующая скорости течения в слое h; $E_п$ — напряженность поля, соответствующая средней скорости течения по всей вертикали.

Под влиянием электродвижущей силы $E_т$, создаваемой течением, в потоке происходит разделение зарядов, которое, в свою очередь, создает компенсирующую разность потенциалов $\Delta\varphi$, и в морской воде также возникает электрический ток силой

$$I = \frac{E_т}{R_h + R_D}, \tag{16.10}$$

где R_h — сопротивление части цепи в слое h (внутреннее сопротивление генератора); R_D — сопротивление части цепи в слое D (внешняя часть цепи замыкания генератора).

Разность потенциалов $\Delta\varphi$ противоположна по направлению $E_т$ и равна

$$\Delta\varphi = IR_D. \tag{16.11}$$

Электрическое напряжение $U_п$, равное разности потенциалов $\Delta\varphi$, и покажет находящийся в покое измерительный прибор, концы соединительных проводников которого будут контактировать с водой в точках *а* и *б* (рис. 16.4).

Из выражений (16.10) и (16.11) следует, что это напряжение равно

$$U_п = E_т \frac{1}{1 + \frac{R_h}{R_D}}. \tag{16.12}$$

Таким образом, соответствие показаний прибора $U_п$ сигналу $E_т$, зависящему от скорости течения $V_т$ определяется соотношением сопротивлений R_h и R_D.

В реальных условиях моря эти сопротивления в первом приближении можно считать обратно пропорциональными глубинам слоев $h\left(R_h \sim \frac{1}{h}\right)$ и $D\left(R_D \sim \frac{1}{D}\right)$. Поэтому выражение (16.12) может быть переписано в виде

$$U_п = E_т \frac{1}{1 + \frac{D}{h}}. \tag{16.13}$$

Измерения неподвижным измерителем будут тем ближе к истинным, чем тоньше слой D неподвижной воды.

Так как в открытом глубоком море обычно имеет место обратное соотношение глубин слоев движущихся и неподвижных вод, то, следовательно, измерения течений неподвижным ЭМИТом будут далеки от истинных, и метод неподвижных электродов эффективен только в условиях мелководий и проливов, когда течение захватывает толщу воды до дна.

Для условий измерений ЭМИТом в открытом море на ходу судна рассмотренная разность потенциалов $\Delta\varphi$ будет определять ошибку измерений. В этом случае показание потенциометра

$$U_т = E_т - \Delta\varphi = E_т - IR_D \tag{16.14}$$

или, на основании (16.10)

$$E_т = U_т\left(1 + \frac{R_D}{R_h}\right). \tag{16.15}$$

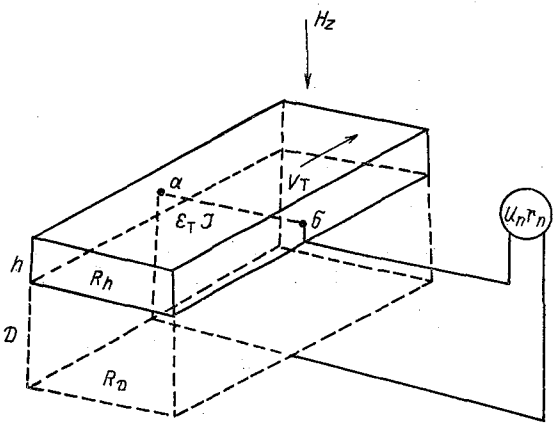


Рис. 16.4. Измерение скорости потока неподвижным измерителем напряжения.

Следовательно, в общем случае для приведения показаний измерительного прибора ЭМИТ к истинным, соответствующим скорости потока, необходимо эти показания умножить на некоторый редукционный множитель, называемый коэффициентом K и равный

$$K = 1 + \frac{R_D}{R_h}. \tag{16.16}$$

Полагая, как и раньше, что

$$R_D \sim \frac{1}{D} \quad \text{и} \quad R_h \sim \frac{1}{h},$$

имеем

$$\frac{R_D}{R_h} \approx \frac{h}{D}, \tag{16.17}$$

или соответственно

$$K=1+\frac{h}{D}. \qquad (16.18)$$

Из выражений (16.16) и (16.18) следует, что значение K тем ближе к единице, или, что то же самое, измерения ближе к истинным, чем тоньше слой, охваченный потоком и чем больше глубина моря в месте измерений с учетом электропроводной толщи морского дна. И, наоборот, чем на большую глубину распространяется течение и чем тоньше покоящийся слой под ним, тем большее значение приобретает методическая погрешность E_n (16.9) и, следовательно, тем больше будут отличаться измерения скорости течения от истинной скорости.

Возможные ошибки определения скорости и направления течений и особенности применения ЭМИТа. Точность измерения течений электромагнитным методом определяется суммарной погрешностью, которая слагается из методических, инструментальных и навигационных ошибок или, иначе, зависит от достоверности всех исходных данных, входящих в выражение (16.3) для вычисления составляющей скорости течения.

К методическим ошибкам следует относить погрешности, определяемые вариациями магнитного поля Земли и их индукционными эффектами в море, а также степенью точности коэффициента K.

Конструкцией ЭМИТа определяются инструментальные ошибки. Это в первую очередь погрешности за счет влияния возможных в море изменений параметров ориентации кабеля, а также изменений собственной ЭДС электродов.

Навигационные ошибки зависят от типа судна, его мореходных качеств, ветрового дрейфа и строгости выдерживания курса при съемке течений, особенно при волнении.

Предупреждение, учет и устранение большинства из перечисленных погрешностей и составляют следующие специфические особенности применения электромагнитного метода измерения течений.

1) Измеряемая ЭМИТом разность потенциалов пропорциональна напряженности магнитного поля Земли. Напряженность вертикальной составляющей изменяется в зависимости от широты в пределах от нуля на магнитном экваторе до 0,7 Э в районах полюсов. В приложении 4 приведена карта изодинам H_z.

Элементы земного магнетизма непостоянны во времени и пространстве. К числу основных причин, нарушающих широтную закономерность и плавность изменения этих элементов поля, относятся: магнитные аномалии и различные по времени, характеру, происхождению и интенсивности вариации магнитного поля.

Магнитные аномалии и медленные вековые вариации с достаточной точностью учитываются магнитными картами, с которыми приходится работать при измерении течений электромагнитным методом. Циклические 11-летние и периодичные, к числу которых

относятся годовые, солнечно-суточные и лунно-суточные, носят характер спокойных и вносимые ими изменения столь невелики, что могут не приниматься во внимание при съемках течений электромагнитным методом. Даже значительные возмущения магнитного поля во время магнитных бурь вносят ошибки в измерения течений ЭМИТом, не превышающие 4—5%. Однако создаваемые такими вариациями индукционные токи в море приводят к значительным помехам в записи ЭМИТа, но в большинстве случаев они кратковременны, легко обнаруживаются по характеру записи и отбраковываются. При этом необходимо иметь в виду, что подобного рода помехи наиболее ощутимы в высоких широтах.

В районах магнитного экватора, где H_z равна нулю или ничтожно мала, чувствительность ЭМИТа столь же мала и его применение в полосе 10—15° на север и на юг от магнитного экватора малоэффективно. С увеличением значений H_z в направлении полюсов соответственно возрастает и чувствительность ЭМИТа. В высоких широтах, благодаря этому, электромагнитным методом возможны даже измерения скорости дрейфа льдин станций «Северный полюс».

Чувствительность ЭМИТа может изменяться или поддерживаться постоянной путем изменения длины базы или расстояния между электродами.

2) При буксировке измерительный кабель ЭМИТа может быть по-разному ориентирован относительно диаметральной плоскости судна и горизонта. Параметры такой ориентации кабеля за кормой зависят от скорости буксировки, массы и длины вытравленного кабеля и ветрового дрейфа. Чем больше ветровой дрейф и чем меньше скорость судна, тем большее значение приобретают горизонтальный и вертикальный углы ориентации кабеля и тем больше, следовательно, отклонения от его эффективных линейных размеров. Без учета параметров ориентации кабеля за кормой судна обработка данных ЭМИТа может привести к значительным погрешностям в определении вектора скорости сноса судна течением [27].

На рис. 16.5 показаны расположение кабельного шлейфа ЭМИТа и схема измерений течений на противоположных курсах при ветровом дрейфе судна. На рисунке $V_к$ — вектор относительной скорости судна по курсу (без компонента ветрового дрейфа и течения), V'_w и V''_w — векторы ветрового дрейфа на прямом и обратном курсах, α_1 и α_2 — углы ветрового дрейфа на прямом и обратном курсах, $V_т$ — вектор течения, V_n — поперечная компонента течения относительно курсов судна, V'_n и V^0_n — измеряемые компоненты течения на прямом и обратном курсах, *а — б* — положение электродов, Δh — разность их заглубления.

При ветровом дрейфе (рис. 16.5) ЭМИТ регистрирует сигналы составляющих течения, нормальных не к курсовому направлению *OA*, а к направлению пути судна *OB*. Таким образом, точность измерений составляющей течения зависит от знания и учета угла

дрейфа или, что то же самое, возможности отнесения сигнала составляющей течения к направлению пути судна.

Под действием силы тяжести и в зависимости от скорости судна кабель буксируется под некоторым углом к горизонту. Поскольку электроды разнесены на кабеле на расстояние L друг от друга, то их заглубление различно. Перемещающийся со скоростью судна кабель взаимодействует при этом с горизонтальной составляющей магнитного поля Земли H_h и в нем индуцируется дополнительная ЭДС ΔE, которая определяется из уравнения

$$\Delta E = H_h V_к \Delta h \sin \alpha, \qquad (16.19)$$

где $V_к$ — скорость судна; Δh — проекция базы L на вертикаль, или разность заглубления электродов; α — магнитный азимут судна.

Электродвижущая сила ΔE является методической ошибкой, которая при помощи введения поправки должна исключаться из показаний ЭМИТа. Знак поправки зависит от магнитного курса судна. Ввиду того, что знак компоненты течения, направленной влево по курсу судна отрицателен, а знак компоненты вправо по курсу положителен, знак поправки за вертикальный разнос в северном магнитном полушарии при магнитных курсах 0—180° отрицательный, а при курсах от 180 до 360° положительный.

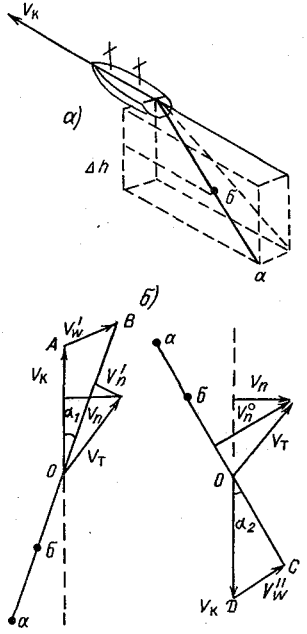


Рис. 16.5. Расположение кабельного шлейфа ЭМИТа.

а — вертикальный разнос электродов, *б* — схема измерения течений на прямом и обратном галсах при дрейфе судна.

При курсах, совпадающих с магнитным меридианом, то есть при курсах 0 и 180°, $\sin \alpha = 0$ и, следовательно, поправка тоже равна нулю, очевидно, что максимальное значение поправки будет при курсах 90 и 270°.

При обработке наблюдений ЭМИТом поправка ΔE берется из таблиц, рассчитанных для однокабельного шлейфа из полевого телефонного кабеля типа М-274-М с внешним диаметром жил 2,5—4 мм, который рекомендуется для ЭМИТа. Расчеты сделаны по выражению (16.19). Таблицы приведены в приложении 5.

Гибкая система кабельного шлейфа ЭМИТа очень чувствительна к рысканиям и изменениям скорости судна, волнению. Вызываемая им качка судна и его рыскание вызывают зигзагообразные помехи и размывание в записи показаний ЭМИТа на ленте, при этом отмечается прямая связь между степенью волне

ния моря и рыскания судна и характерной размытостью в записи ЭМИТа. Применение однокабельного шлейфа позволяет значительно снизить эти помехи без применения каких-либо добавочных устройств для их подавления и дает возможность получать вполне удовлетворительную запись сигналов течения при волнении до шести баллов.

Во избежание увеличения ошибок измерений по вышеуказанным причинам, а также за счет вертикального разноса электродов рекомендуется производить измерения ЭМИТом на скоростях судна не менее 8—9 узлов и как можно более строго удерживать курс судна с минимальным рысканием. Небрежность рулевого может привести к полной невозможности обработки наблюдений.

3) В очень узких зонах на границах течения краевые эффекты электрических полей, индуктируемых самим течением, могут при определенных условиях создавать ложные сигналы течения, что следует иметь в виду при обработке данных ЭМИТа.

4) Выше указывалось, что ЭМИТ по принципиальным его особенностям, как правило, в нормальных условиях дает заниженные значения скорости. Они должны приводиться к истинным посредством редукционного коэффициента K. Коэффициент может изменяться в зависимости от характера и структуры течения. Определение точных значений этих изменений для различных морей и океанов является предметом дальнейших исследований.

По предварительным данным, при нормальных условиях эксплуатации ЭМИТа, т. е. для условий установившегося течения неприливного характера, когда скорости в верхнем горизонте, измеряемые ЭМИТом, близки к максимальным для данного сечения, и при глубине моря, превышающей 100 м, коэффициент K может быть в среднем принят равным 1,1.

При этих условиях, принимая во внимание, что магнитные карты Земли имеют точность примерно 5—10%, точность получаемых по данным ЭМИТа результатов для средних магнитных широт составляет 5—15%.

Точность отсчета данных по ленте потенциометра ПС-01 со шкалой ±10 мВ, выраженная в единицах скорости, зависит от магнитной широты места и чувствительности потенциометра и характеризуется следующими значениями

H_z Э	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5—0,7
Точность отсчета по ленте, см/с	10	5	4	2	<2

При использовании потенциометров со шкалой ±5 мВ указанные точности (абсолютные значения) следует уменьшить вдвое.

5) Так как каждое измерение дает возможность определить только величину и направление сноса судна течением, для определения величины и направления полного вектора течения в данной точке необходимо выполнить два измерения при курсах судна, расположенных под углом друг к другу. Этот угол может быть произвольный, однако наибольшая точность и удобство вычислений

будут достигаться при углах 90° между смежными курсами судна; только в данном случае составляющие вектора скорости течения, нормальные к курсу судна, будут являться компонентами вектора течения и складываются по правилам векторного сложения. Во всех прочих случаях необходимы либо вычисления, либо использование специальных номограмм векторных построителей, упрощающих процесс сложения.

6) Скорость и направление определяются для того горизонта, на котором находятся электроды.

Электромагнитный измеритель течений с описанной выше конструкцией шлейфа измеряет скорость и направление течения на глубине 3—1 м от поверхности моря при скоростях судна в пределах от 8 до 12 уз. При более высоких скоростях электроды могут идти вблизи поверхности моря.

16.2. Устройство электромагнитного измерителя течений ГМ-15 [1]

Электромагнитный измеритель течений представляет собой автоматический потенциометр с присоединенным к нему и буксируемым за судном кабельным шлейфом, состоящим из двух отрезков жил одного кабеля. Для контакта кабельного шлейфа с морской водой к концам обоих рабочих отрезков жил кабеля присоединены серебряные-хлоросеребряные неполяризующиеся электроды.

ЭМИТ состоит из следующих узлов: автоматического потенциометра *6* (рис. 16.6), кабельного шлейфа с неполяризующимися электродами, кабельной лебедки *4*, блочной стойки *2*, пульта управления и контроля *3*, одноякорного преобразователя постоянного тока *5* судовой сети в переменный и автотрансформатора *1* соединительных проводов и кабеля с вилками штепсельных разъемов.

Автоматический потенциометр, пульт управления и контроля, преобразователь тока и вспомогательная аппаратура устанавливаются стационарно в одном из отапливаемых помещений судовой надстройки. В этом помещении обязательно должен быть телефон для связи со штурманской рубкой и желательны репитеры гирокомпаса и лага.

Если рабочее помещение для измерительной и вспомогательной аппаратуры ЭМИТа предусматривалось проектом судна, то оно посредством специальной внутренней проводки соединяется с кормой судна, где установлена лебедка с кабельным шлейфом. Возможны и временные соединительные линии, но они, как и постоянные, прокладываются экранированным двухжильным кабелем с сопротивлением изоляции не менее 2—3 мОм. Применяемые в ЭМИТе соединительные провода и кабель имеют гораздо более

[1] В настоящее время конструкция ЭМИТа модернизируется. Однако в Руководстве описывается старая модификация ГМ-15, поскольку принципиальная сторона конструкции всех узлов сохраняется.

высокое сопротивление изоляции. Однако под действием морской воды и влажного воздуха сопротивление изоляции может существенно снижаться. Поэтому периодически необходимо производить контрольные замеры сопротивления изоляции всех соединительных линий, проводов, кабеля и шлейфа с целью предохранения от ошибок измерений за счет утечек тока через изоляцию. Измерение изоляции соединительных линий нельзя производить при выпущенном в море кабельном шлейфе.

Монтаж установки ЭМИТа следует производить по типовой монтажной схеме рис. 16.6

Электроды. В приборе применяются серебряные-хлоросеребряные неполяризующиеся электроды. Применение обычных металли-

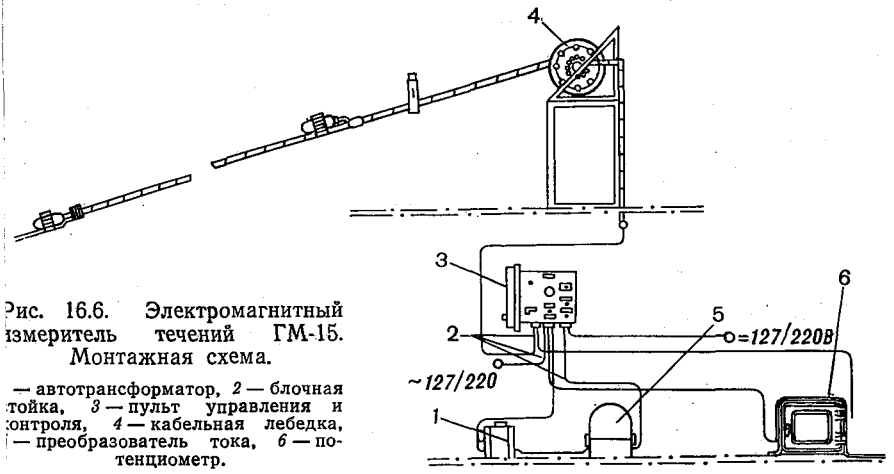


Рис. 16.6. Электромагнитный измеритель течений ГМ-15. Монтажная схема.

— автотрансформатор, *2* — блочная стойка, *3* — пульт управления и контроля, *4* — кабельная лебедка, — преобразователь тока, *6* — потенциометр.

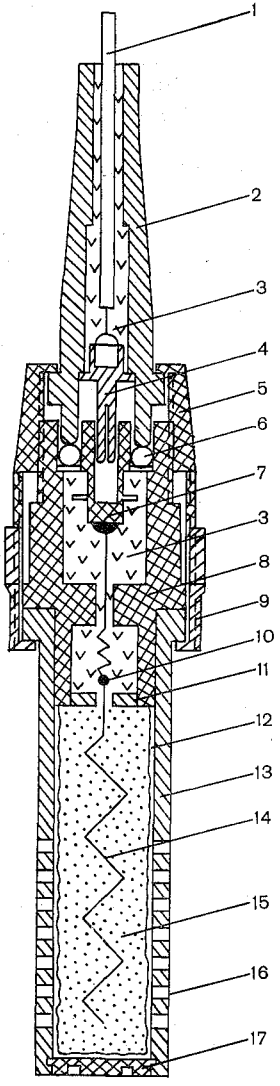
ческих электродов в ЭМИТе исключается, так как пара электродов, даже химически чистых и однородных металлов, обладает большой разностью собственных потенциалов, которая нестабильна и ведет к помехам, значительно превосходящим индуцируемую электродвижущую силу.

Неполяризующиеся серебряные-хлоросеребряные электроды широко применяются при измерениях ЭДС в физико-химическом анализе. Такие электроды специальной конструкции для ЭМИТа подбираются парами с минимальными значениями собственных ЭДС и обладают достаточной для метода стабильностью.

Схематический разрез электрода приведен на рис. 16.7. Защитной оболочкой электрода служит цилиндрический патрон *13* из оргстекла. Собственно рабочей частью электрода является серебряная полоска *14*, собранная гармошкой и окруженная плотной набивкой из химически чистой свежеосажденной пасты хлористого серебра *15*. Серебряная полоска соединена серебряным проводником с контактным гнездом *7*, укрепленным в корпусе *8* заливной кабельной массой, покрывающей место сварки *10*,

и предохраняющей проводник и гнездо от проникновения морской воды снизу. Патрон *13* приклеен к корпусу электрода *8*. Место склейки герметично. В боковой поверхности корпуса имеются отверстия *16*, через которые осуществляется контакт электрода с морской водой. Для предохранения от вымывания хлористого серебра внутри корпуса патрона проложен батист *12*. Внизу имеется уплотнительная гайка из оргстекла *17*.

Для присоединения кабеля к электроду служит кабельный наконечник из оргстекла *2* с соединительным проводом *1* длиной 10—15 см.. Внутри контактного наконечника укреплена контактная вилка *4*, к которой припаян кабель *1*, проходящий сквозь цилиндрический канал кабельного наконечника. Для герме-



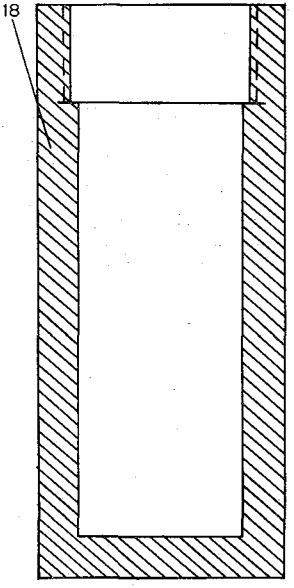


Рис. 16.7. Устройство электрода.

1 — кабель, *2* — наконечник кабельный, *3* — масса кабельная МБ, *4* — вилка контактная, *5* — гайка накидная, *6* — кольцо уплотнительное, *7* — гнездо контактное, *8* — корпус, *9* — контргайка, *10* — сварка, *11* — шайба, *12* — батист, *13* — патрон, *14* — электрод серебряный хлорированный, *15* — паста хлористого серебра (AgCl), *16* — отверстия, *17* — гайка уплотнения, *18* — пенал хранения и транспортировки.

тизации от проникновения морской воды и для укрепления кабельного контакта канал заполняется кабельной массой *3*.

Контактная вилка кабельного наконечника вставляется в контактное гнездо и при этом кольцевой выступ кабельного наконечника упирается в герметизирующее резиновое кольцо *6*.

При помощи накидной гайки *5* и контргайки *9* кабельный наконечник плотно притягивается к корпусу электрода.

При хранении и транспортировке корпус патрона электрода *13* закрывается навинчивающимся на внешнюю резьбу контргайки *9* цилиндрическим предохранительным колпаком из оргстекла *18*. Имеющееся некоторое пространство между стенками колпака и поверхностью корпуса электрода заполняется стеклянной ватой пропитанной раствором NaCl или морской водой. Желательно, чтобы концентрация раствора NaCl была близка к значению солености морской воды в месте работы ЭМИТа.

Снаружи на корпус электрода нанесен его заводской порядковый номер.

Электроды должны храниться в специальном футляре в вертикальном положении предохранительным колпаком вниз.

Не допускается перегрев электродов выше 40° и охлаждение — ниже 0°.

Рабочая пара электродов хранится обычно на барабане зачехленной лебедки и от кабеля не отсоединяется. Но в случае опасности замерзания или сильного перегрева электродов, их следует отсоединить от кабельной вилки и хранить, как указано выше.

При хранении и транспортировке электродов необходимо систематически проверять наличие достаточного количества раствора в предохранительном колпаке.

Имеющийся опыт эксплуатации показал, что каждая пара электродов должна сохранять удовлетворительную работоспособность не менее года при её непрерывной эксплуатации (конечно, при надлежащем хранении и обращении).

Кабельный шлейф. Кабельный шлейф состоит из неравных по длине двух отрезков жил одного кабеля. Для этого от конца выпускаемого в море длинного (215 м) кабеля, состоящего из двух скрученных между собой отдельных жил, отмеривается база в 100 м. Одна из жил в этом месте разрезается и конец её, идущий к концу длинного кабеля, откручивается и удаляется. К оставшемуся концу этой жилы, идущей от места разреза на лебедку, припаивается электрод. К концу длинного кабеля припаивается второй электрод. Места пайки тщательно изолируются полихлорвиниловой (или какой-либо другой — аналогичной) лентой.

Таким образом, измерительная база определяется горизонтальным расстоянием между двумя буксируемыми электродами.

Для исключения влияния судна и его кильваторной струи длина выпущенного кабеля должна составлять не менее двух-трех длин судна.

В качестве кабельного шлейфа в ЭМИТе рекомендуется применять полевой телефонный провод марки П-274-М с разрывным усилием 120 кг и сопротивлением изоляции не менее порядка

500 мОм/км. При буксировании за судном со скоростью до 15 узлов, натяжение такого шлейфа не превышает 50—60 кг.

Лебедка и блочное устройство. Для выпуска, выбора и хранения кабельного шлейфа используется ручная лебедка с тормозным и стопорным устройствами, рис. 16.8. Барабан лебедки *7* жестко связан с осью и укреплен на раме *2*. С одной стороны на оси закреплено храповое колесо *6* стопорного устройства. Конец оси имеет квадратное сечение для рукоятки *1*. С другой стороны

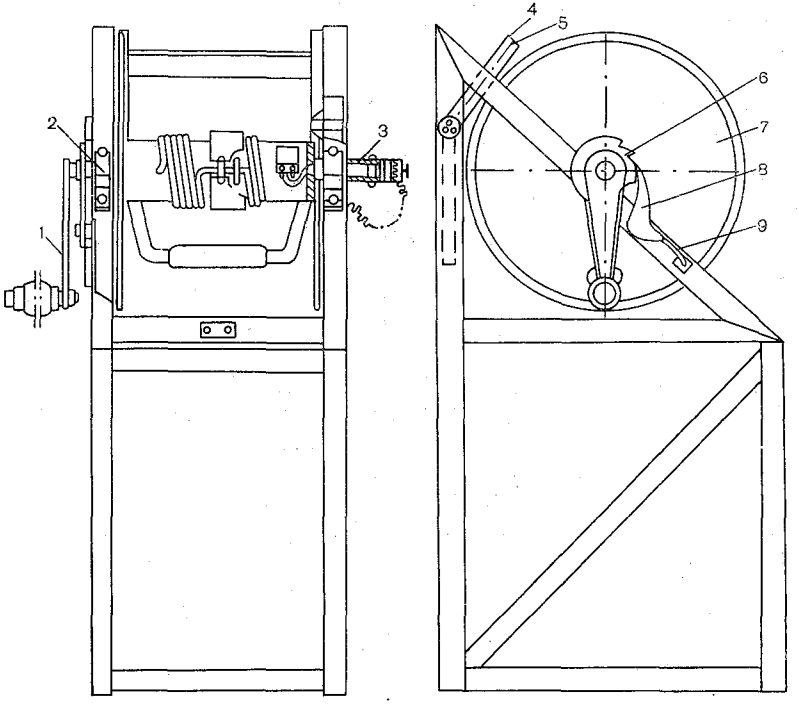


Рис. 16.8. Кабельная лебедка.

1 — рукоятка, *2* — рама, *3* — штепсельный разъем, *4* — ручной тормоз, *5* — резиновые колодки, *6* — храповое колесо, *7* — барабан лебедки, *8* — собачка, *9* — пружина.

оси для разъединения шлейфа с палубным проводом имеетс штепсельный разъем *3*. При выпуске и выборке шлейфа это провод отсоединяется от лебедки, так как вращение барабан привело бы к его скручиванию и обрыву. В разомкнутом состоя нии разъема его розетка и вилка закрываются заглушками дл предотвращения попадания на контакты влаги.

Лебедка снабжена ручным тормозом *4*, прижимающим пр торможении резиновые колодки *5* к щекам барабана. Стопорно устройство состоит из храпового колеса *6*, собачки *8* и пружин *9*, прижимающей собачку к храповому колесу. При выпуске ка бельного шлейфа в море следует отвести от храпового колеса со

бачку, которая находится в нерабочем положении до окончания выпуска шлейфа. С целью сохранения изоляционных покрытий шлейф выпускается за борт и выбирается через блок.

Регистрирующее устройство. Регистрирующее устройство состоит из регистратора, пульта управления и контроля, автотрансформатора и одноякорного преобразователя постоянного тока в переменный, типа ПО-120-Ф-I. Соединяются эти блоки между

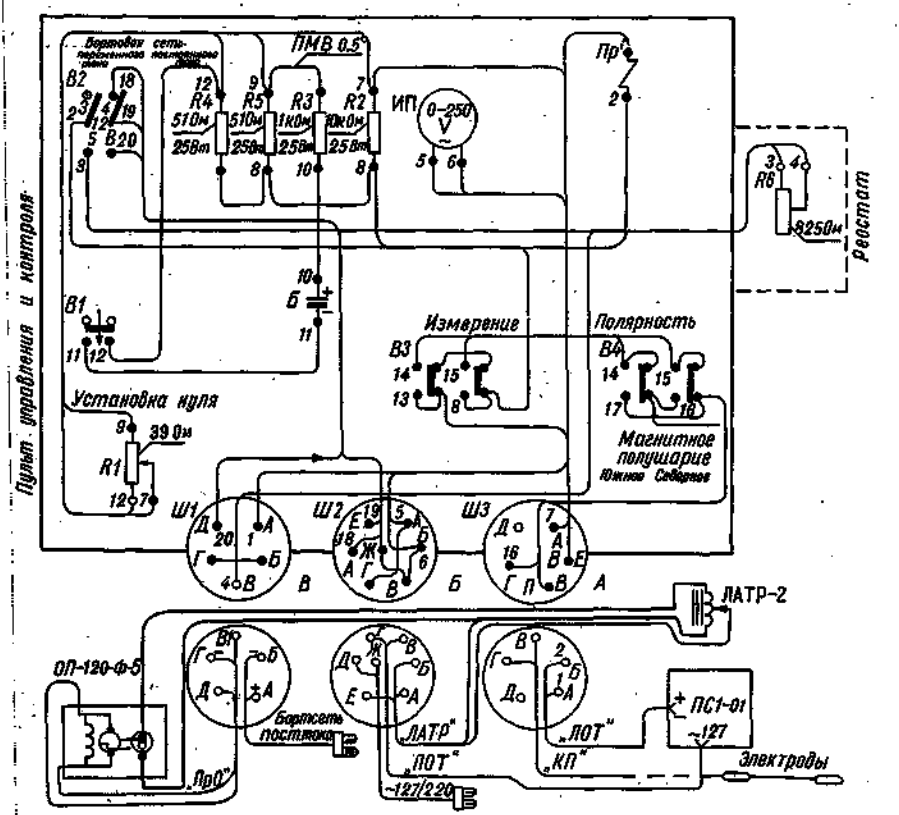


Рис. 16.9. Электрическая схема ГМ-15.

обой экранированными проводами, имеющимися в комплектации установки ЭМИТ.

Электрическая схема установки изображена на рис. 16.9.

Регистратором служит электронный автоматический потенциометр типа ПС1-01 со шкалой ±10 мВ с нулем посередине, запись показаний производится на ленточной диаграмме.

Потенциометр ПС1-01 — прибор высокого класса точности (0,5%). Он не боится вибрации, тряски и качки, работает в стационарных условиях при температуре окружающего воздуха от 0 до 50° и от 30 до 80% относительной влажности. В основу работы ПС1-01 положен компенсационный метод измерений

электрического напряжения. Подробное описание потенциометра и указания по его эксплуатации даются в прилагаемой к нему заводской инструкции.

Питание потенциометра производится от бортовой сети переменного тока напряжением 127-220 В 50 Гц через автотрансформатор. При отсутствии на судне сети переменного тока и наличии бортовой сети постоянного тока 110—220 В питание потенциометра производится с помощью одноякорного преобразователя ПО-120-Ф-1, который преобразует постоянный ток напряжением 110 В в переменный ток напряжением 127 В. Понижение напряжения бортовой сети 220 В до напряжения 110 В осуществляется посредством ползункового реостата, установленного на пульте управления и контроля.

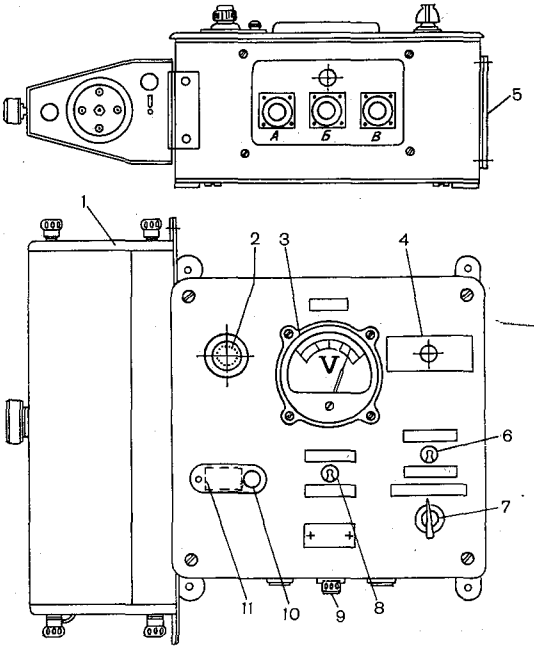


Рис. 16.10. Пульт управления и контроля.

1 — реостат, *2* — предохранитель, *3* — вольтметр, *4*, *6*, *11* — тумблеры, *5* — съемная крышка, *7* — рукоятка, *8* — двухполюсный тумблер, *9* — клемма, *10* — винт.

Пульт управления и контроля (рис. 16.10) представляет собой металлический кожух со съемной лицевой панелью, на которой смонтированы элементы электрической схемы ЭМИТа. Напряжение, подаваемое на потенциометр, устанавливается и контролируется по вольтметру *3* переменного тока со шкалой 0—250 В. Справа от вольтметра установлен тумблер *4* с надписью «Бортовая сеть переменного тока — постоянного тока», который служит для включения всей установки в бортовую сеть постоянного тока 110/220 В или переменного тока 127/220 В. Слева от вольтметра установлен предохранитель *2* цепи постоянного тока.

Как указывалось выше, слева на станции закреплен ползунковый проволочный реостат *1* типа РСП-3, назначение которого состоит в регулировании напряжения постоянного тока, подаваемого на одноякорный преобразователь.

При напряжении бортовой сети постоянного тока 110 В движок реостата должен находиться в крайнем нижнем положении, при напряжении 220 В — примерно посередине. Указанный реостат используется и в качестве пускового для постепенного запуска одноякорного преобразователя. При включении последнего

без пускового реостата вследствие большого пускового тока может перегореть предохранитель *2*.

Включение установки в сеть постоянного тока следует производить следующим образом:

1) поставить тумблер *4* в среднее положение;

2) движок реостата *1* установить в крайнее верхнее положение;

3) присоединить вилку постоянного тока к бортовой сети постоянного тока;

4) поставить тумблер *4* в положение «постоянный ток»;

5) плавно перемещая движок реостата в среднее или в крайнее нижнее положение (в зависимости от напряжения бортовой сети), запустить преобразователь;

6) при помощи автотрансформатора подать на потенциометр напряжение, контролируя его по вольтметру *3*.

Включение установки в сеть переменного тока производится в следующем порядке:

1) поставить тумблер *4* в среднее положение;

2) присоединить вилку переменного тока к бортовой сети переменного тока;

3) поставить тумблер *4* в положение «переменный ток»;

4) при помощи автотрансформатора подать на потенциометр напряжение, контролируя его по вольтметру *3*.

Для подачи измеряемой ЭДС (индуктируемой в отрезках кабеля) на потенциометр служит двухполюсный тумблер *8* с надписью «измерение»; в положении «выкл.» потенциометр отключается от измерительной цепи и закорачивается.

Согласование направления перемещения пера потенциометра от нуля с направлением сноса судна течением достигается посредством тумблера *11*, утопленного в лицевой панели и закрывающегося крышкой с надписью «полярность».

При монтаже всей установки следует соблюсти такую полярность подсоединения кабелей к потенциометру, чтобы при нахождении судна в северном магнитном полушарии и тумблера *11* в положении «сев. магн. полушарие» направление перемещения пера потенциометра соответствовало направлению сноса судна течением. Например, если судно сносит вправо относительно его курса, то и перо потенциометра должно отклоняться вправо от нулевой линии. Кроме того, этим тумблером иногда бывает необходимо пользоваться при проверках работы ЭМИТа для изменения полярности подсоединения электродов к потенциометру. С целью предохранения тумблера *11* от случайных переключений посторонними лицами, его следует закрывать крышкой «полярность», поджимаемой специальным винтом *10*.

После длительной работы электродов (иногда это может произойти и с новыми электродами) собственная ЭДС пары электродов настолько возрастает, что нуль измерений сдвигается к краю шкалы, и при измерениях скоростей течений перо потенциометра выходит за пределы шкалы.

Для компенсации по величине и направлению собственной ЭДС электродов и совмещения нуля измерений с нулем шкалы потенциометра в пульте находится специальное устройство, состоящее из сопротивлений *R1*, *R2*, *R3*, *R4*, *R5* и одного сухого элемента (см. рис. 16.9).

Если собственная ЭДС пары электродов больше 3 мВ, следует включить тумблер *6* (рис. 16.10) и вращением рукоятки *7* переменного сопротивления R_c установить перо потенциометра на нуль шкалы. Установленное положение и будет откорректированным нулем измерений.

Во избежание поляризации электродов пользоваться компенсирующим устройством следует только при собственной ЭДС пары электродов, превышающей 3 мВ.

На боковой стенке справа на пульте имеется съемная крышка *5* для доступа к сухому элементу.

Заземление пульта управления и контроля производится с помощью специальной клеммы *9*, расположенной внизу пульта.

Соединение всех узлов установки следует производить при помощи соединительных шнуров со смонтированными на них разъемами в соответствии с указаниями, приведенными в табл. 16.1.

Таблица 16.

Разъемы	Маркировка концов	Куда присоединять
А	ПОТ	К потенциометру на клеммы + и —
	КП	К кабельному шлейфу ближний электрод — дальний электрод +
Б	ЛАТР	К автотрансформатору на клемм «нагрузка» и вход 127/220 В
	ПОТ	К потенциометру на клеммы 127 В
	Вилка переменного тока	Бортовая сеть переменного тока
В	ПРО	К преобразователю постоянного ток в переменный на клеммы + и -
	Вилка постоянного тока	Бортовая сеть постоянного тока

Место соединения палубной линии с концом, маркированны КП, следует тщательно изолировать и герметизировать.

При монтаже установки необходимо строго соблюдать поляр ность всех соединений, так как указано выше. Одна из клемм пр образователя ~127 В соединена с клеммой общего входа ЛАТ отдельным проводом МГШВ 0,75°, который входит в компле прибора. Монтаж приборов установки следует производить в стр гом соответствии с электрической схемой (рис. 16.9).

16.3. Производство наблюдений ЭМИТом

Подготовка к измерениям и сами измерения проводятся в следующем порядке.

Согласуют и уточняют с капитаном или вахтенным штурманом план и схему съемки течений, подготавливают измерительную и регистрирующую аппаратуру и вспомогательные устройства и включают пульт управления в электрическую сеть, подготавливают электроды и кабельный шлейф, выпускают кабельный шлейф с электродами за борт, записывают сигнал нуля электродов, сигнал течения в точках, определенных планом съемки; периодически (для контроля) записывают сигнал нуля электродов, осуществляют маневрирование судна для измерения полного вектора течения, размечают ленту потенциометра во время измерений, выключают аппаратуру после наблюдений.

Схема работ. Схема съемки течений на каждый день или сутки определяется программой работ или задачами судна, с которого производят съемку.

Возможны попутные съемки течений на океанографических разрезах при переходах от одной станции к другой или с борта рейсового или промыслового судна; съемки в одной точке при работах на многосуточной станции; площадные съемки.

При любом из этих вариантов предварительно определяют и согласуют схему маневрирования, координаты и номера станций, время начала и окончания работ, время движения по галсам и смены курсовых направлений, начальное и курсовые направления галсов и скорость судна при маневрировании.

Согласованную схему съемки течений капитан или вахтенный штурман переносит в навигационную карту, на которой отмечает координаты всех станций и все возможные отклонения от них. Желательно, чтобы у наблюдателя уже во время съемки была калька с этой карты.

Подготовка измерительной и регистрирующей аппаратуры. Устанавливают скорость лентопротяжного механизма потенциометра 320 мм/ч. Установленная скорость развертки ленты сохраняется на все время работы с ЭМИТом. Производят осмотр всех соединений, в том числе и штепсельных разъемов. Подключают пульт управления и все вспомогательные устройства к бортовой сети в соответствии с указаниями, приведенными выше. Устанавливают по вольтметру на пульте необходимое напряжение для питания потенциометра и включают потенциометр тумблером, расположенным внутри его корпуса[1] (см. инструкцию к потенциометру ПС-01).

Исправность силовой схемы потенциометра проверяют по заранию сигнальной лампочки и работе лентопротяжного механизма. После прогрева ламп усилителя (3—5 мин) устанавливают

[1] Надо иметь в виду, что, кроме этого общего тумблера, в потенциометре имеется второй тумблер, включения лентопротяжного механизма. Для удобства простоты работы он может быть постоянно установлен в положение «вкл.».

рабочий ток (см. инструкцию к потенциометру) и проверяют измерительную схему потенциометра. Тумблер *4* (рис. 16.10) на пульте управления и контроля должен быть установлен в положение «выкл.». Если перо при этом из любого положения быстро устанавливается на нуле шкалы, измерительная схема исправна. В самом потенциометре для контроля измерительной схемы предусмотрена специальная кнопка «контроль». Об исправности схемы судят по резкому отходу пера от нуля шкалы при нажатии на эту кнопку.

Подготовка электродов и кабельного шлейфа. Рабочая пара электродов на все время съемки монтируется на кабельном шлейфе путем припаивания, имеющегося на каждом электроде небольшого проводника к соответствующему концу шлейфа. Место спая должно быть хорошо изолировано, как указано выше.

Перед выпуском электродов за борт снимают предохранительные колпачки. Ближний электрод шнурком подвязывают к кабелю, чтобы электрод не болтался, а дальний оснащают стабилизатором — пеньковым концом диаметром 10—15 мм и длиной 4—5 м. За 30 мин до начала наблюдений шлейф с электродами выпускают за борт, чтобы электроды приняли температуру воды.

При выполнении измерений необходимо один раз в сутки поджимать затяжку накидкой гайки, так как резина уплотнительного конца под давлением постепенно деформируется и может нарушиться герметизация.

Выпуск кабельного шлейфа с электродами за борт. Выпуск производится на ходу судна с лебедки через блочное устройство.

Выпускать кабель в воду следует при равномерном вращении барабана лебедки, без рывков, чтобы предотвратить возможности спутывания кабеля, повреждений электродов и их излишнего заглубления.

Шлейф выпускают с барабана лебедки с самого начала до марки 200 м. Плавность выпуска гарантируется тормозным устройством, позволяющим останавливать барабан лебедки при сматывании с него кабеля. Фиксация барабана при его остановке осуществляется стопорным устройством. На борт шлейф выбирается из воды также лебедкой.

При выпуске и подъеме кабельного шлейфа с электродами его во избежание порчи электродов следует отключить от потенциометра. Для этого тумблер *4* (рис. 16.10) нужно поставить в положение «выкл.». Кроме того, во время выпуска шлейфа за борт и его выборки на палубу цепь кабельного шлейфа разъединяется штепсельным разъемом, находящимся на лебедке. Остановка судна с выпущенными электродами запрещается.

Запись сигнала нуля электродов и его установка. Запись производится обязательно в начале и после окончания работ. В процессе съемки течений нуль электродов записывается либо при их дефекте, либо при желании получить более точно линию нуля электродов при продолжительной по времени съемке, либо в водах с большими градиентами солености и температуры.

Нуль электродов за бортом может быть записан способом маеврирования по петле с прямым и обратным ходами.

Нуль электродов — это собственная электродвижущая сила ары электродов, принимаемая за нуль измерений. Приближенно уль электродов может быть определен и на палубе, до выпуска лейфа за борт. Для этого электроды, собранные на шлейфе и риготовленные к измерениям, следует поместить в изолированый от корпуса судна сосуд с забортной водой и произвести опеделение ЭДС пары рабочих электродов.

При эксплуатации ЭМИТа собственная ЭДС отдельных пар лектродов может меняться, в некоторых случаях она настолько озрастает, что нуль измерений сдвигается к краю ленты и при змерениях скоростей течений перо потенциометра может выхоить за пределы шкалы.

Для компенсации по величине и направлению собственной ДС пар таких электродов и совмещения их нуля с нулем шкалы отенциометра в электрической схеме пульта предусмотрена цепь становки нуля измерений (рис. 16.10). Пользоваться этим комнсирующим устройством следует только при собственной ЭДС ары электродов, превышающей 3—4 мВ.

В этом случае во время движения судна по прямому и обратому галсам замкнутой петли нуль измерений сдвигают к центру калы. Для этого необходимо включить тумблер *6* (рис. 16.10) и ращением рукоятки *7* переменного сопротивления сместить заись к центру диаграммной ленты. Точное совмещение нулей енты и измерения не требуется.

Маневрирование судна. Как уже было указано выше, при букировке кабельного шлейфа для определения полного вектора теения необходимо измерять составляющие течения на двух перекающихся курсах. На каждом из курсов судно и буксируемый лейф сносится течением, и ЭМИТ воспринимает при этом сигнал ечения, соответствующий составляющей течения V_c, направленой перпендикулярно курсу судна.

Маневрирование судна по двум пересекающимся направлеям, независимо от того, какой осуществляется вид съемки течеия, может производиться изменением курса в определенной точке а $\pm 90°$ или на любой другой произвольный угол. В частном слуае при смене курса на 180° производится замер сигналов одного того же течения, ориентированного к двум противоположно наравленным курсам. Следовательно, сигналы течения в этом слуае будут равны по значению, но различны по знаку. Такое маневрирование, получившее название маневрирования по петле, примеяется для определения нуля электродов (рис. 16.11 *а*, точки *I* и *XI*).

При съемке течений между двумя океанографическими станиями маневрирование можно производить по прямоугольным лсам. Схема маневрирования приведена на рис. 16.11 *а* пункрной линией. Однако такая схема целесообразна лишь для спеиальных научно-исследовательских судов, так как на маневриование по этой схеме затрачивается, как показал опыт, около

20% ходового времени при частоте смены курсов через один час. Поэтому на том же рисунке приводится вторая схема маневрирования, наиболее удобная для этого вида съемки течения, особенно, если они производятся с судов морского флота и рыбной промышленности. На схеме, нанесенной сплошной линией, направление движения судна изменяется на 60°.

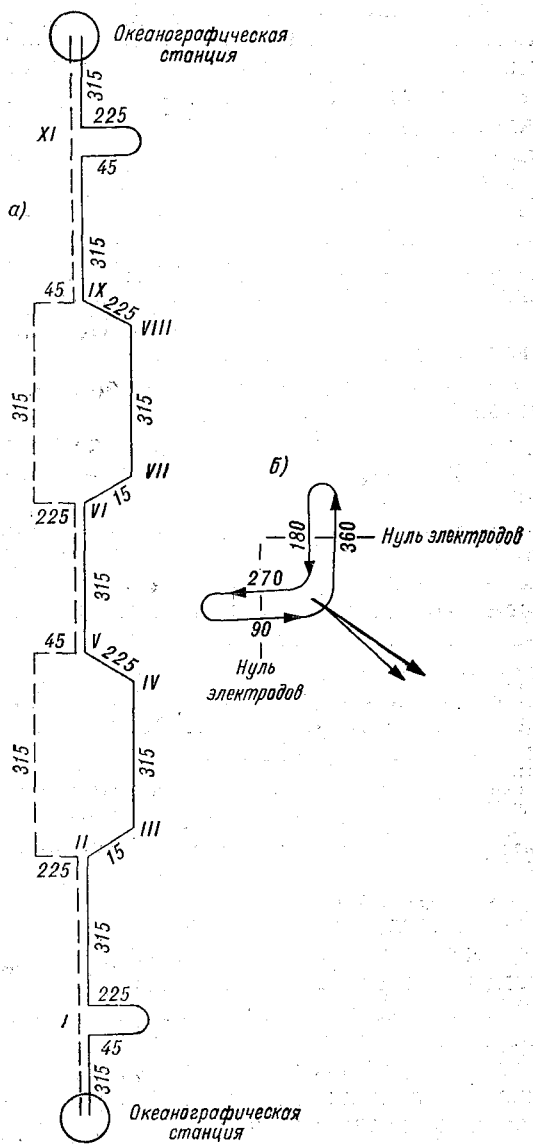


Рис. 16.11. Схемы маневрирования судна при применении ЭМИТа.

а — на переходах между океанографическими станциями, *б* — на многочасовой станции.

Направление движения судна и продолжительность записи сигналов течения на каждом курсе обеих схем обозначены на рисунке, который достаточно отчетливо показывает, как осуществляется маневрирование. Иногда случается, что вследствие волнения или в результате плохого ведения судна по курсу оно рыскает. Это вызывает искажения в записи сигнала течения, и в этом случае необходимо время наблюдения продлить до получения четкой записи.

На продолжительных переходах между точками наблюдения записывать сигналы течения все время не надо, регистратор ЭМИТа включается за 15 мин до поворота и выключается через 15 мин после поворота.

При съемках течений не на океанографическом разрезе, а на какой-либо площади моря могут применяться те же маневрирования. Если судно, оснащенное ЭМИТом, будет в течение некоторого времени ходить по квадрату, сторона которого равна одной четверти расстояния

роходимого судном за 1 ч, тогда в течение 1 ч будет получено етыре измерения скорости и направления течений в четырех уг-ах квадрата. На каждой из двух противолежащих и параллель-ых сторон квадрата определяется нуль электродов, так как курсо-ые направления этих сторон противоположны.

По объему материалов, полученных таким способом, работа удна оказывается весьма рентабельной. В зависимости от задачи аботы в том или ином районе квадраты могут следовать один за ругим вдоль какой-либо трассы, или могут быть распределены о площади.

Наблюдения ЭМИТом в точке многосуточной океанографичекой станции производятся в перерыве между очередными срочыми наблюдениями. В этом случае маневрирование удобнее сего проводить по замкнутым петлям с галсами магнитных куров, например, 180—90—270—360° (рис. 16.11 *б*).

На галсах с курсовыми направлениями 180—360 и 90—270° важды при измерениях определяется нуль электродов, а на алсах с курсовыми направлениями 270—360 и 180—90° роизводится четыре измерения составляющих вектора течения, ающие возможность получить два определения полного вектора ечения, которые относятся к одной точке — океанографической танции.

Разметка ленты потенциометра во время измерений. В начале аписи на ленте (рис. 16.12) отмечается район работ, дата и суовое время начала наблюдений. Справа от записи сигнала теения на ленте отмечается время поворотов при маневрировании обозначаются сами повороты, например, «левый поворот», «праая циркуляция» и т. п. Здесь же по ходу записи сигналов течения тмечается время и сигнал установки рабочего тока и все, что асается нарушений нормальной работы прибора и заранее согласованных плана и схемы съемки, например, изменения скорости удна (по репитеру лага), изменения курсового направления удна (по репитеру компаса) [1] и все данные навигационной обстаовки; скорость и направление ветра, высота волн.

Слева от записи сигналов течения на ленте записывают комасные и истинные курсы и отсчеты нуля электродов и сигналов ечения. Отсчеты снимают и записывают в делениях ленты с точостью до 0,5 наименьшего деления, что соответствует 0,1 мВ для отенциометра со шкалой ±10 мВ.

Отсчеты снимают со средних значений записи сигналов течения нуля электродов. Для этого на записи сигналов проводят каандашом вертикальные линии, соответствующие средним значеиям записи. Отсчеты снимают от нуля шкалы диаграммной енты, т. е. слева направо.

Все указанные записи на ленте производятся во время измеений.

---

[1] При отсутствии на судне репитеров о всех изменениях сообщает дежурый (вахтенный) штурман по телефону.

Выключение аппаратуры после наблюдений. После наблюдений нужно: 1) выключить тумблер потенциометра, 2) установить тумблеры на пульте управления и контроля в положение «выкл.», 3) перевести ручку автотрансформатора в положение «0», 4) дви

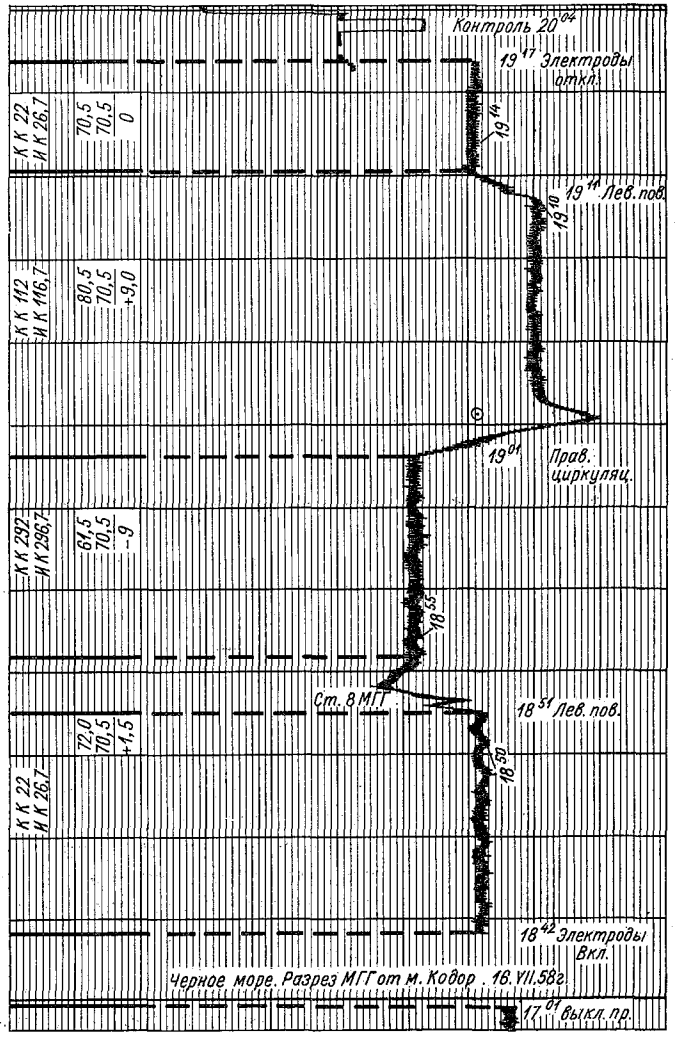


Рис. 16.12. Лента с записью наблюдений.

жок реостата перевести в крайнее верхнее положение, 5) разъединить штепсельный разъем на лебедке, 6) закрыть контакты разъема крышками-заглушками, 7) выбрать шлейф с электродами, причем по мере его выборки с электродов снять перфорированные колпачки, заменяя их колпачками без отверстий, 8) ле

бедку покрыть брезентовым чехлом для защиты кабеля и электродов от солнца, а лебедки от брызг.

Уход за оборудованием. *Лебедка.* Периодически смазывать подшипники и менять резину на тормозных колодках. Следить за тем, чтобы на контакты штепсельного разъема не попадала влага и контакты не подвергались коррозии.

Соединительный палубный провод и бортовая штепсельная колодка. Не допускать скручивания провода, для чего подсоединять его к лебедке можно только после выпуска шлейфа. Предварительно перед выборкой шлейфа из воды провод следует отсоединять от лебедки. Контакты разъема на снятом проводе должны всегда быть закрыты крышками-заглушками.

Пульт управления и контроля. Проверить качество контактов штепсельных разъемов. Исправность электрической схемы пульта проверяется по вольтметру (см. описание включения пульта). Периодически проверять правильность включения тумблера *6* (рис. 16.10). Исправность схемы «установка нуля» проверяют при включенном потенциометре. Батарею, включенную в эту схему, меняют каждые шесть месяцев.

Лента. Расход ленты определяется скоростью развертки. Смена ленты производится в соответствии с инструкцией потенциометра.

Чернила. Применяются специальные чернила. Их рецепт и способ заливки даются в инструкции к потенциометру.

Качество записи определяется влажностью бумаги и чистотой пера. Для поддержания необходимой влажности внутри потенциометра предусмотрена специальная сушилка с селикагелем. Необходимо следить за тем, чтобы селикагель был сухим. Он должен иметь синий оттенок. Если селикагель отсырел (приобрел розовый оттенок), его следует заменить или прокалить при температуре 100—150°. Засорившееся или засохшее перо необходимо снять, опустить в теплую воду или спирт и прочистить специальной бронзовой проволочкой или продуть. После этого пипеткой залить новую порцию чернил.

Сухой элемент в потенциометре проверяется при установке рабочего тока и в работе (по отклонению пера). Замена производится согласно инструкции к потенциометру.[1]

16.4. Геоэлектромагнитный измеритель течений с поперечной измерительной базой

Кроме буксирования измерительной базы с электродами в кильватере судна, можно использовать электромагнитный метод измерения течений также при помощи измерения индуцированной ЭДС в измерительной базе, расположенной перпендикулярно курсу судна [122], [135]. Схема такой установки приведена на рис. 16.13. Она представляет собой забортное устройство в виде

[1] Уход за потенциометром и его профилактический ремонт производятся в соответствии с заводской инструкцией.

двух выстрелов *2*, установленных по обоим бортам судна *1*, через концы которых выпускаются кабели *3* с электродами *4* для увеличения длины поперечной измерительной базы.

В такой измерительной базе, по принципу электромагнитного метода, будет индуцироваться ЭДС адекватная сумме скоростей — относительной скорости судна $V_К$ и продольной компоненты течения $V_Т$. Изменяя относительную скорость судна и, получив два ее значения по лагу $V_{К_1}$ и $V_{К_2}$ можно определить продольную компоненту течения $V_Т$ из простого соотношения

$$V_Т = \frac{E_2 V_{К_1} - E_1 V_{К_2}}{E_1 + E_2}, \qquad (16.20)$$

где E_1 и E_2 — разности потенциалов между электродами при первом и втором измерениях, мВ; $V_{К_1}$ и $V_{К_2}$ — скорость судна относительно воды, отсчитанная по лагу, в узлах (тогда $V_Т$ будет выражено в узлах) или в см/с (тогда $V_Т$ будет выражено в см/с) при первом и втором режиме движения судна.

Как вытекает из выражения (16.20) этот метод дает возможность определять продольную

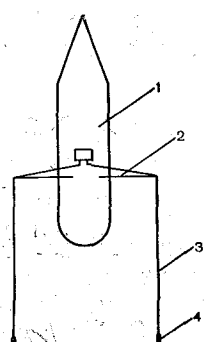


Рис. 16.13. Схема ЭМИТа с поперечной измерительной базой.

1 — корпус судна, *2* — выстрелы, *3* — буксируемый кабель, *4* — электроды.

по курсу судна компоненту течения без знания геомагнитного поля.

Нуль электродов можно определять путем маневрирования судна на противоположных курсах или сведением электродов.

Практическое использование этого метода вызывает некоторые трудности из-за необходимости применения достаточно длинных бортовых выстрелов (порядка 10 м).

Установкой с одновременным буксированием двух пар электродов — продольной и поперечной можно, во-первых, получать на прямом курсе сразу продольную и поперечную компоненты течения и тем самым определять полный вектор течения, а также непосредственно определять скорость движения судна относительно дна.

16.5. Обработка наблюдений, произведенных геоэлектромагнитным измерителем течений

Обработка материалов наблюдений за течениями с помощью ЭМИТа состоит из расшифровки записи ленты потенциометра, определения нуля электродов и проведения линии по нескольким точкам, соответствующим нулю электродов, вычисления скорост

составляющих течения и определения их направлений, заполнения книжки КГМ-20 данными обработанных лент и определения скорости и направления течения.

Обработка лент потенциометра. Для обработки лента снимается с потенциометра и кладется на стол так, чтобы оцифрованные линии шкалы были вертикальными. Горизонтальными пунктирными линиями выделяют участки записи, соответствующие началу и концу поворотов при маневрировании. Такая разметка позволяет выявить участки записи с сигналами составляющих течения, а также произвести отбраковку непригодных для обработки участков записи.

Отсчет сигналов составляющих течения производится в делениях ленты от нуля ее шкалы. Вычисление этих сигналов соответственно известному и записанному на ленте курсовому направлению производится от нуля электродов (нуля измерений). Он определяется при маневрировании по петле и вычисляется как среднее значение сигналов двух смежных, но противоположных по направлению составляющих течения.

Пример. На рис. 16.12 первая составляющая при курсе 296,7° равна 60,5 дел. ленты; вторая составляющая при курсе 116,7° равна 80,5 дел. Следовательно, нуль электродов равен $\frac{60{,}5+80{,}5}{2}=70{,}5$ дел. ленты.

Для удобства вычислений на ленте рекомендуется проводить линию нуля электродов. Она проводится по точкам, определенным указанным выше способом.

Вычисление скорости составляющих течения производится на ленте. Составляющая вычисляется как алгебраическая разность отсчетов сигнала течения и нуля электродов. Знак составляющей определяется при ее вычислении. Положительное значение составляющей соответствует сносу вправо и записи на ленте справа от линии нуля электродов; сносу влево и соответственно записи сигнала слева от линии нуля электродов отвечает отрицательное значение составляющей [1].

Непосредственное измерение морского течения с борта движущегося судна, как указывалось, позволяет определять только относительное значение скорости и направления его сноса течением (относительно курсового направления). Вектор сноса судна течением принято называть нормальной к курсу судна составляющей течения.

Определение полного вектора течения. Вектор морского течения определяется обычно графическим способом или с помощью специального векторного круга для обработки наблюдений ЭМИТом.

Графический способ. На листе миллиметровой бумаги строят оси координат *С—Ю* и *З—В* и в произвольном масштабе откладывают по величине и направлению полученные при обработке ленты составляющие скорости течения, например *a* и *b* (рис. 16.14).

[1] Сказанное справедливо при соблюдении полярности входа кабельного клейфа и положения тумблера «полярность» на пульте управления и контроля.

Так как эти составляющие представляют собой проекции вектора морского течения на направления нормального сноса судна от заданных курсов, то они, естественно, перпендикулярны этим курсам. Поэтому при построении через конец каждой составляющей проводится перпендикулярная к ней линия курса.

Прямая R, соединяющая начальную точку с точкой пересечения этих линий, и будет полным вектором скорости течения, построенным в принятом масштабе.

Пример 1. Основной курс судна равен 290°. Скорость сноса вправо на этом курсе 5 см/с. ОК+60°=350°. Скорость сноса на втором курсе 15 см/с (запись на ленте была слева от линии нуля электродов). Определить полный вектор течения.

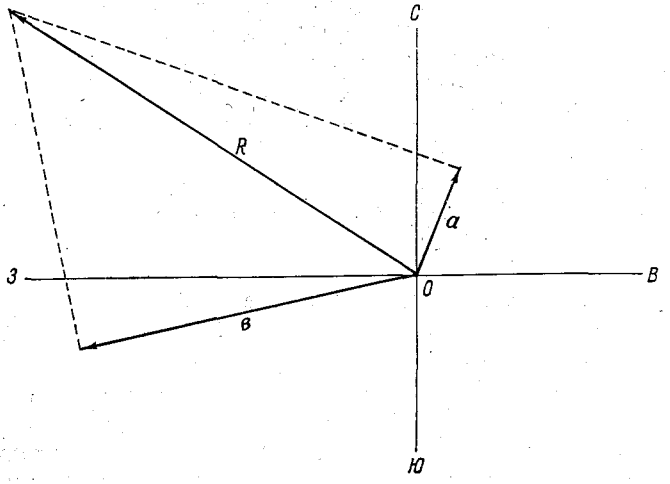


Рис. 16.14. Определение вектора течения графическим способом.

Решение. Направление составляющей a равно 290°+90°=20°. Направление составляющей b равно 350° — 90°=260° (в соответствии со знаком составляющей). Отложив из начала координат составляющие a и b и восстановив перпендикуляры к ним (рис. 16.14), находят, что полный вектор течения равен 20 см/с, а направление его 305°.

Пример 2. Курсы судна при маневрировании равны 0 и 90° (маневрирование прямоугольное). Скорости течения в направлениях, перпендикулярных этим курсам, равны 17 и 10 см/с. Определить полный вектор течения.

Решение. Направление составляющих a и b, перпендикулярных обоим курсам судна, равно 90 и 180°. Отложив из начала координат обе составляющие и восстановив перпендикуляры к ним, находят, что полный вектор течения равен 20 см/с, а направление его 120°.

Обработка наблюдений векторным кругом. Круг состоит из следующих основных частей (рис. 16.15): лимба — основания с градусной шкалой (360°), дисков *4* и *2* с координатными линиями, визирной линейки *1* с делениями. Диски и визирная линейка могут свободно вращаться на оси *5* независимо друг от друга. С помощью винта *6*, расположенного в рукоятке *7*, диск

1 и *2* могут быть сцеплены и вращаться совместно. Диск *4* помещен в выточке основания *3*, поэтому плоскость градусных делений основания совпадает с плоскостью координатных линий диска *4*. Диск *2* и визирная линейка *1* изготовлены из оргстекла, что позволяет совмещать координатные линии дисков с визирной линией линейки, а также производить отсчет по градусной шкале лимба *3*. Одно деление координатных линий дисков и визирной линейки равно в масштабе малому делению ленты самопишущего электронного потенциометра, записывающего наблюдения ЭМИТа.

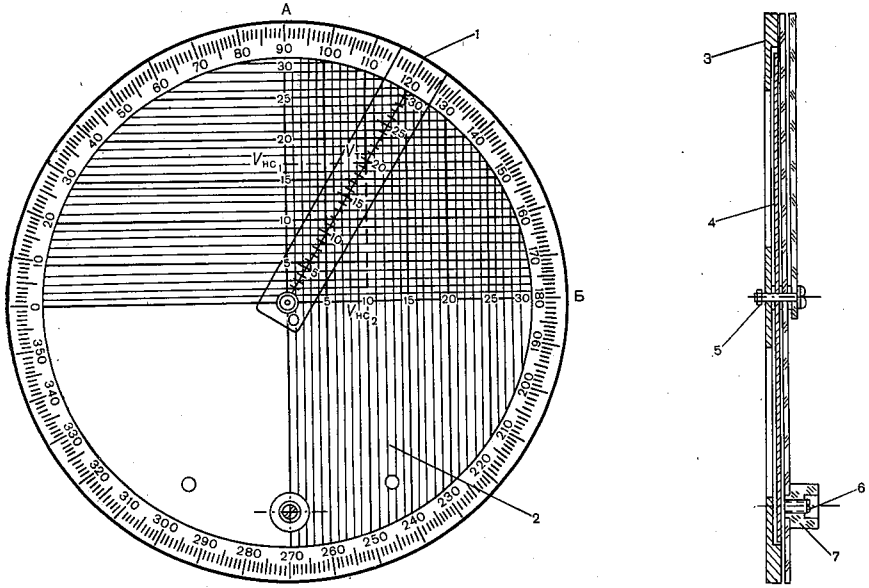


Рис. 16.15. Векторный круг-построитель для обработки течений по измерениям ЭМИТом.

1 — визирная линейка, *2*, *4* — диски, *3* — основание лимба, *5* — ось, *6* — винт, *7* — рукоятка.

Радиусные линии с оцифровкой на дисках служат для установления направления нормальных составляющих течения и отсчета их значений.

Конструкция круга позволяет одновременно или раздельно быстро устанавливать по лимбу требуемые направления двух векторов сноса судна, откладывать их параметры и с помощью координатной сетки и визирной линейки снимать с построенной нотограммы числовое значение и направление полного вектора течений.

При определении полного вектора течения в случае прямоугольного маневрирования диски *4* и *2* должны быть сцеплены. При этом образуется сектор *АОБ* (рис. 16.15) с прямоугольной сеткой. Радиусы, образующие сектор (*ОА* и *ОБ*), следует подвести и совместить с делениями лимба, соответствующими направлениям двух смежных векторов нормальных составляющих; на

рис. 16.15 это 90 и 180°; затем отложить по радиусам сектора нормальные составляющие в делениях ленты соответственно их направлениям. Визирную линейку подвести и установить на точку пересечения сетки, соответствующую отложенным векторам. Линейка укажет направление полного вектора, а по ее шкале легко определить значение этого вектора. Например, если составляющие равны 17 и 10 делениям, то полный вектор будет равен 20 делениям, а его направление 120°.

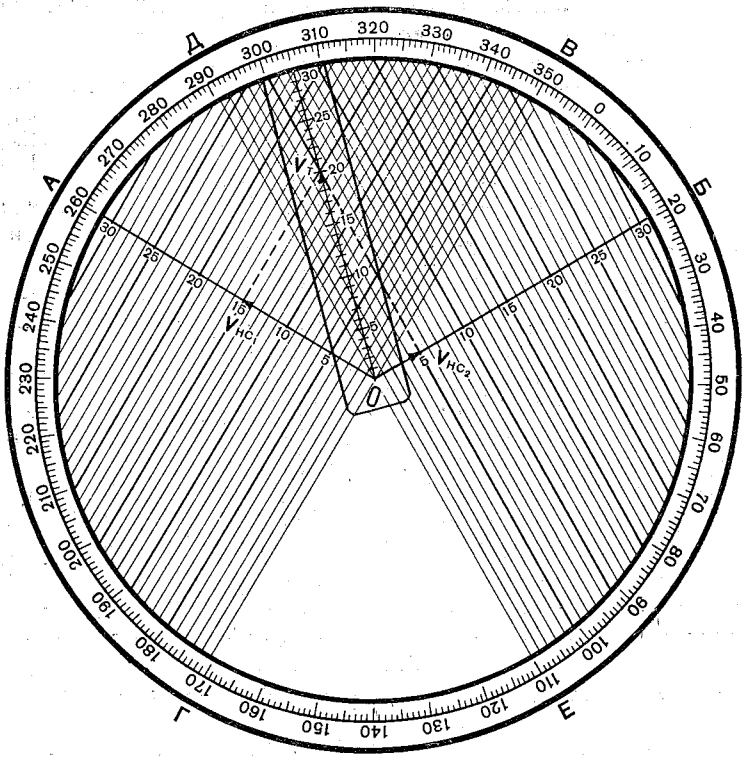


Рис. 16.16. Определение вектора течения с помощью векторного круга при непрямоугольном маневрировании.

Полный вектор течений при прямоугольном маневрировании можно также определять при помощи векторного круга-ветрочета.

Построение полного вектора течения для случая непрямоугольного маневрирования производится следующим образом (рис. 16.16). Верхний и нижний диски расцепляются. Поворачивая верхний диск, совмещают радиусную линию диска с делением лимба, соответствующим направлению одной из смежных нормальных составляющих. Нижний диск устанавливают радиусом на направление другой нормальной составляющей. По радиусным линиям откладывают составляющие в делениях ленты потенциометра соответственно их направлениям. Визирную линейку

устанавливают на пересечении координатных линий, соответствующих отложенным составляющим. По шкале визирной линейки отсчитывают полный вектор течения, а по градусной шкале лимба — его направление.

В приведенном выше примере направления составляющих равны 20 и 260°, а величины их 5 и 15 (рис. 16.16), полный вектор равен 20 см/с, а его направление — 305°.

Заполнение книжки КГМ-20. В графы 1—8, 10 и 17 книжки КГМ-20 переносят данные с ленты записи соответственно обозначениям указанных граф (табл. 16.2). В графу 9 заносят вертикальную составляющую напряженности магнитного поля в пунктах расположения станций. Значение H_z снимается с карт магнитных элементов в пределах ее вариации ±0,02 Э (приложение 4). При наличии буксируемых магнитометров в эту графу записывают уточненные значения H_z для каждой отдельной станции. В графу 11 записывают поправки на вертикальный разнос электродов. Поправку в делениях ленты с соответствующим знаком берут из таблицы (приложение 5). Правила пользования таблицей приведены в приложении. В графу 12 записывают знак и исправленную скорость составляющей течения после введения поправки на вертикальный разнос электродов. В графу 13 записывают направление составляющей течения, перпендикулярной курсу судна. Если проекция вектора течения положительна, то ее направление составляет с курсом судна угол +90°; при отрицательном значении проекции курса судна вычитают 90°. Это правило действительно как для южного, так и северного полушарий. В графы 14, 15 записывают направление и полный вектор течения. В графу 16 записывают скорость течения в см/с. Для пересчета в см/с скорости течения, выраженной в делениях шкалы, можно пользоваться табл. 16.3.

Пересчет производят следующим образом: на пересечении графы H_z и строки «см/с» находят множитель, на который следует умножить величину $V_т$, выраженную в делениях шкалы, для того чтобы получить скорость течения в см/с.

Пример. Скорость течения равна 15 делениям. Потенциометр имеет шкалу ±10 мВ; H_z=0,50 Э; расстояние между электродами — 100 м. В табл. 16.3 находят на пересечении графы «0,50» и строки «см/с» множитель 4. Скорость течения в см/с равна 15 · 4=60 см/с.

Таблица 16.3 рассчитана по формуле

$$V = \frac{l'}{H_z L \cdot 10^{-5}}, \qquad (16.21)$$

где l' — цена одного деления потенциометра.

Для потенциометра со шкалой ±10 мВ и числом делений в шкале, равном 100,

$$l' = \frac{20 \text{ мВ}}{100 \text{ дел.}} = 0{,}2 \frac{\text{мВ}}{\text{дел.}};$$

подставляя в (16.21), получим

$$V = \frac{0{,}2 \cdot 10^5}{H_z \cdot 10^4} = \frac{2}{H_z}.$$

Таблица 16.2

Образец записи и обработки наблюдений за течениями с помощью ЭМИТа в книжке КГМ-20

№ гиса	№ станции	Дата	Координаты φ	Координаты λ	Время станции, ч мин	Курс судна, °	Скорость судна, узлы	H Э	Составляющие течения: скорость с ленты, дел.	Составляющие течения: поправка на вертикальный разнос электродов ленты, дел.	Составляющие течения: исправленная скорость, дел.	Составляющие течения: направление, °	Течение: направление, °	Течение: скорость дел. ленты	Течение: скорость см/с	Примечания (глубина, грунт, волнение, ветер и пр.)
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
15	8	16 VII 1958	43° 30′	38° 32′	18 51	26,7	7,7	0,40	+1,5	−1	+0,5	116,7	203	8	40	1900 м, скалистый грунт, высота волны 0,5 м, маневрирование по петле
16			с. ш.	в. д.		296,7	7,7		−9,0	+1	−8,0	206,7				
17	8	—	43° 30′	38° 32′	19 11	116,7	7,7	0,40	+9,0	−1	+8,0	206,7	213	8	40	1900 м, скалистый грунт, высота волны 0,5 м
18			с. ш.	в. д.		26,7	7,7		0,0	−1	−1	296,7				

Таблица 16.3

Пересчет скорости течения, выраженной в делениях шкалы, в см/с
(для шкалы потенциометра, равной ±10 мВ, и расстояния между электродами, равного 100 м)

H_zЭ	0,10	0,12	0,14	0,16	0,18	0,20	0,22	0,24	0,26	0,28	0,30	0,32	0,34	0,36	0,38	0,40
см/с	20	17	14	13	11	10	9	8	8	7	7	6	6	6	5	5
H_zЭ	0,42	0,44	0,46	0,48	0,50	0,52	0,54	0,56	0,58	0,60	0,62	0,64	0,66	0,68	0,70	
см/с	5	5	4	4	4	4	4	4	3	3	3	3	3	3	3	

16.6. Определение сноса судна под действием ветра и течений[1]

Под действием ветра и течений судно отклоняется от курса и оказывается не в том месте, где полагалось ему быть по счислению. Это отклонение (снос) определяется как расстояние между счислимым местом судна и обсервованным, выражается в милях и имеет направление (куда), т. е. является величиной векторной. При отсутствии ветра снос происходит только под действием течения. В этом случае снос, деленный на время между обсервациями, даст среднюю скорость течения навигационного слоя, направление течения совпадает с направлением сноса.

Судоводители часто по опыту знают скорость дрейфа своего судна под действием ветра различной силы, или она бывает известна из специальных исследований. Тогда, вычитая (векторно) из суммарного сноса снос под действием ветра, сила которого известна из наблюдений, получают снос под действием течений; деля последний на время между обсервациями, определяют среднюю скорость течения, действовавшего на судно.

Пример. Судно следует вдоль берега в направлении A_1, $Б_1$ (рис. 16.17). В 10 ч произведена обсервация местоположения судна (получены координаты

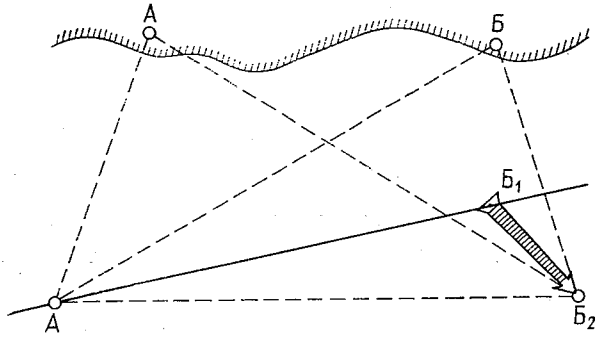


Рис. 16.17. Определение сноса судна под действием ветра и течения.

$Б_1Б_2$ — снос.

точки A_1). Через два часа, в 12 ч 00 мин, снова произведена обсервация (получены координаты точки $Б_2$). Счислимое же место судна при отсутствии ветра и течения было бы в точке $Б_1$, снос оказался на ЮВ 4 м. мили. Судно сносилось на ЮВ со скоростью 2 уз.

Для корректировки курса судна судоводители и штурманы производят обсервации местоположения судна так часто, как это необходимо для правильного судовождения и когда позволяют условия. Другими словами, снос вычисляется после каждого определения (обсервации) широты и долготы местоположения судна.

Наблюдения над сносом судна используются для изучения течений в навигационном слое. Поэтому регулярная запись данных

[1] Составили Г. С. Иванов и А. Н. Крындин.

Таблица 16.4

Данные о сносе судна под действием ветра и течения

Состояние загрузки судна *полное* Тип компаса *магнитный и гиро.*

Год, месяц	Число	Время судовое, ч мин	Местоположение судна: обсервованное φ	обсервованное λ	счисляемое φ	счисляемое λ	Ветер: направление, румбы, скорость, м/с: в момент обсервации	преобладающее
1	2	3	4	5	6	7	8	9
IV	*12*	*6 15*	*40° 06′ с*	*152° 33′ в*			*СВ — 7*	
IV	*12*	*19 30*	*39 39 с*	*155 40 в*	*40° 06′*	*155° 23′*	*ССВ — 10*	*ССВ — 8*
IV	*13*	*6 20*	*39 56 с*	*158 13 в*	*40 00*	*157 55*	*ССВ — 5*	*ССВ — 7*

Средняя скорость судна, уз. (по лагу или по числу оборотов винта)	Суммарный снос: численное значение	направление, румб или °	скорость, уз.	Среднее местоположение судна: φ°	λ°	Примечание
10	11	12	13	14	15	16
10						*Астрономические*
10	*29*	*ЮЮВ*	*2,2*	*39° 52′*	*154° 06′*	*„*
10	*15*	*ВЮВ*	*1,4*	*39 47*	*156 56*	*„*

о сносе судна в книжку гидрометнаблюдений является обязательной.

Запись данных о сносе судна. Данные о сносе судна выписываются из вахтенного журнала один раз в сутки после вечернего наблюдения. Запись производится в журнал гидрометнаблюдений КГМ-15 или КГМ-15А, для чего в последнем отведены в конце специальные страницы. Пример записи дается в табл. 16.4. Данные о ветре берутся из гидрометнаблюдений. В графе «Примечание» указывается метод определения координат судна и другие дополнительные сведения.

Глава 17. НАБЛЮДЕНИЯ ЗА ТЕЧЕНИЯМИ С ДРЕЙФУЮЩЕГО СУДНА И СО ЛЬДА

17.1. Измерение течений при помощи вертушек и по радиолокационным определениям местоположения судна

В случаях когда судно не может стать на якорь, наблюдения за течениями осуществляются в дрейфе. Особенно часто производятся наблюдения в дрейфе со льда, где этот способ является единственно возможным.

Способ измерения течений с дрейфующего судна или льдины состоит в том, что вертушкой регистрируется равнодействующая течения и дрейфа[1] судна (льдины) и одновременно измеряется дрейф судна (льдины). Для определения истинного течения дрейф исключается из результатов измерения вертушкой.

Дрейф судна определяют следующими способами: а) по радиолокационным определениям положения судна относительно неподвижной радиолокационной вехи; б) по измерениям течений на горизонте сравнения; в) по астрономическим обсервациям; г) по лотлиню, вытравленному за борт. При наблюдениях вблизи берегов возможно также определять дрейф судна путем засечек неподвижных береговых ориентиров.

До последнего времени наблюдения за течениями в дрейфе производились «методом различия» (способом Макарова—Нансена). Измерения течений по этому способу состоят в одновременных наблюдениях двумя вертушками: первой, опущенной на горизонт, где следует измерить течение, и второй, опущенной на значительную глубину, где течение, как предполагается, отсутствует. В этом случае нижний прибор зарегистрирует скорость дрейфа судна, но в противоположном действительному направлении (откуда), а верхний — равнодействующую измеряемого истинного течения на глубине его погружения и движения (обратного) судна. По этим данным на основании параллелограмма скоростей

[1] Перемещение судна (льдины) относительно дна происходит по равнодействующей, обусловленной действием ветра (ветровой дрейф) и поверхностного течения (снос). В дальнейшем это перемещение называется дрейфом судна (льдины).

определяется направление и скорость течения на заданном горизонте, как вторая составляющая. Однако и на больших глубинах существуют течения, скорости которых иногда сравнимы со скоростями течения в поверхностных слоях, а направление может значительно отличаться от направления поверхностного течения. Поэтому определение течений «методом различия» может привести к значительным ошибкам.

Наблюдения за течениями в дрейфе с определением радиолокатором общего сноса судна относительно заякоренной радиолокационной вехи производят в следующем порядке: 1) в заданной точке выставляют заякоренную радиолокационную веху (порядок постановки описан в гл. 18); 2) приблизительно определяют направление дрейфа судна. Проходят противоположным курсом дрейфу судна за буй на расстояние порядка трех миль (рис. 17.1, пункт I). В пункте I судно ложится в дрейф; 3) вертушки опускают на заданные горизонты и производят наблюдения; 4) в момент начала работ вертушками определяют радиолокатором положение судна относительно вехи. В дальнейшем место судна относительно вехи определяют через каждые 10—15 мин. Наблюдения продолжают до тех пор, пока судно, находясь в дрейфе, не пройдет за веху и не удалится от нее на расстояние, также не более 3 миль (рис. 17.1, пункт II).

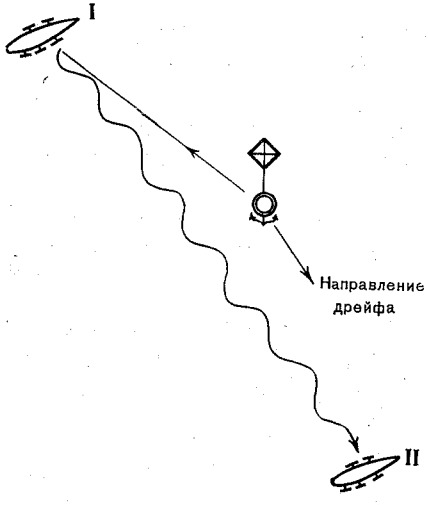


Рис. 17.1. Определение течений по радиолокационным измерениям места судна относительно неподвижной вехи.

При слабом дрейфе промежутки между наблюдениями увеличиваются, и можно ограничиться 4—5 наблюдениями; 5) после проведения последнего определения места судна заканчивают наблюдения вертушками.

Для повторных наблюдений судно возвращается в пункт I после чего продолжают наблюдения так, как указано выше Обычно циклы наблюдений повторяются несколько раз, чтобы получить достаточно достоверные результаты. В течение суток повторные циклы наблюдений могут повторяться до пяти раз. Количество циклов зависит от скорости дрейфа и условий определения места судна по радиолокатору.

Отходить от вехи больше чем на три мили не рекомендуется потому что значительно возрастает промежуток времени наблюдений и перерывы в наблюдениях; для контроля правильности радиолокационных измерений рекомендуется наряду с записью дистанций и пеленгов фотографировать экран локатора.

17.2. Наблюдения за течениями при помощи вертушки и по дрейфу вытравливанием троса

Наблюдения производят следующим образом. На заданный горизонт опускают вертушку, которая измеряет геометрическую сумму течения и обратного дрейфа судна (льдины). Скорость и направление истинного течения на заданном горизонте найдется как геометрическая разность показаний вертушки и дрейфа.

Дрейф судна (льдины) при глубинах, не превосходящих 300 м, можно определить по лотовому способу [92].

Лоты берут следующей массы: при глубинах до 85 м — 15 кг; при глубинах до 100 м — 25 кг; при глубинах, превосходящих 100 м — 50 кг.

Лот, подвешенный на тонком тросе (2—2,5 мм), подводят к блок-счетчику и ставят стрелки последнего на нуль. В момент достижения лотом дна включают секундомер. Длина вытравленного троса в этот момент (расстояние от дна до блок-счетчика) называется высотой z места наблюдения относительно дна. Величину z записывают в наблюдательную книжку. Постепенно в каждом отдельном случае в зависимости от скорости дрейфа вытравливают трос до величины, не превышающей полуторной глубины. Не ожидая момента, когда трос вытянется и оторвет лот от грунта, плавно выбирают слабину до характерного рывка, соответствующего отрыву лота от грунта. В момент рывка выключают секундомер, определяют по блок-счетчику длину l вытравленного троса и измеряют угол отклонения α троса от вертикали. Величины l, α и показания секундомера записывают в книжку. В это же время определяют направление дрейфа, для чего заранее вокруг кран-балки, служащей для опускания лота, проводят краской полуокружность, которую разбивают на деления (цена деления 10°, направление 0—180° должно быть параллельно диаметральной плоскости судна, 0° направлен к корме). После записи направления дрейфа по компасу определяют направление диаметральной плоскости судна. Направление дрейфа указывает, куда дрейфует судно, («из компаса») в отличие от определения дрейфа вертушкой, где определяется направление, откуда дрейфует судно.

При измерении течения с дрейфующего льда обычно определяют азимут и направление отклонения троса. Для одновременного определения угла наклона троса и азимута его отклонения на дрейфующей станции «Северный полюс-2» был сконструирован [187] специальный угломер (рис. 17.2). Он представляет собой фанерный круг диаметром 400 мм, имеющий прорезь для троса. Длина прорези равна радиусу круга. Угломер подвешивается к блоку лебедки на шнуре. Для этого в центре круга имеется стержень с отверстием, к которому прикрепляется шнур. Для приведения круга в отвесное положение в центре его нижней поверхности прикреплен груз. У края круга имеются два ряда цифр, расположенных против часовой стрелки и служащих для отсчета направления дрейфа. Нулевые деления в обоих рядах отстоят

друг от друга на 180°. Угол отклонения троса от вертикали определяется по делениям, нанесенным у края прорези. Каждое деление равно 1°. Размер делений зависит от расстояния между кругом и блоком лебедки (на ст. «Северный полюс-2» эта величина равна 0,75 м). Точность определения угла наклона троса составляет около 0,1°.

Наблюдения производят следующим образом. Трос, опущенный в воду, пропускают через прорезь круга. Благодаря этому прорезь устанавливается в плоскости наибольшего отклонения троса от вертикали. После успокоения круга по делениям у прорези отсчитывают вертикальные углы наклона троса с точностью до 0,1°.

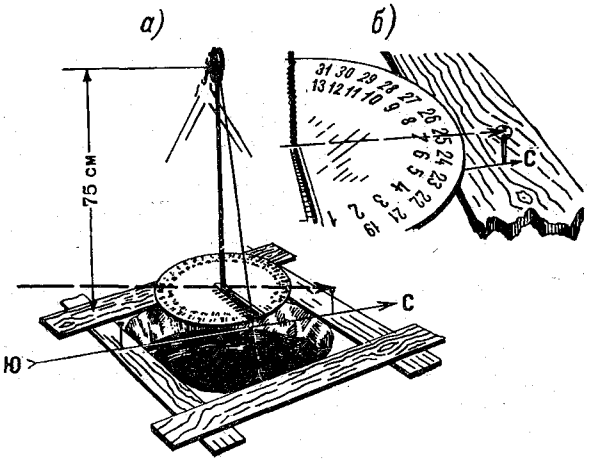


Рис. 17.2. Угломер для определения угла и направления наклона троса при работе со льда.

а — общий вид, *б* — азимутальный круг.

Направление дрейфа определяют с помощью круга по ориентированной гидрологической лунке. Истинное направление линии север—юг, проходящий через центр лунки, закрепляют на деревянной раме двумя штифтами. Направление отсчитывают по линии, проходящей между шнуром отвеса и одним из штифтов (рис. 17.2), причем при визировании в северном направлении отсчет берут по наружному ряду цифр, при визировании в южном направлении — по внутреннему ряду. Точность определения направления дрейфа при цене деления круга 5° составляет около 2—3°. При изменении ориентировки льдины относительно стран света вследствие ее вращения в отсчеты вводят соответствующие поправки.

Определение дрейфа лотовым способом применимо только при глубинах не более 300 м. При наблюдениях на бо́льших глубинах может быть применен базисный способ [56]. Этот способ применялся в 1954—1955 гг. на дрейфующей станции «Северный по

тюс-4» на глубинах около 1000 м и на станции «Северный полюс-7» на глубинах от 2500 до 3200 м [180]. В судовых условиях способ применим при отсутствии качки судна.

Базисный способ заключается в следующем: с помощью лебедки *1* (рис. 17.3) и троса *5* на дно опускают два груза — груз-якорь *8* и ползущий груз *6*, соединенных между собой линем *7*. Длина лотлиня, играющего роль измерительного базиса, должна быть определена заранее. При работах Титова были применены два рыбовидных груза массой по 10 кг, подвешенные на вертлюгах (во избежание образования калышек), длина базы равнялась 25 м.

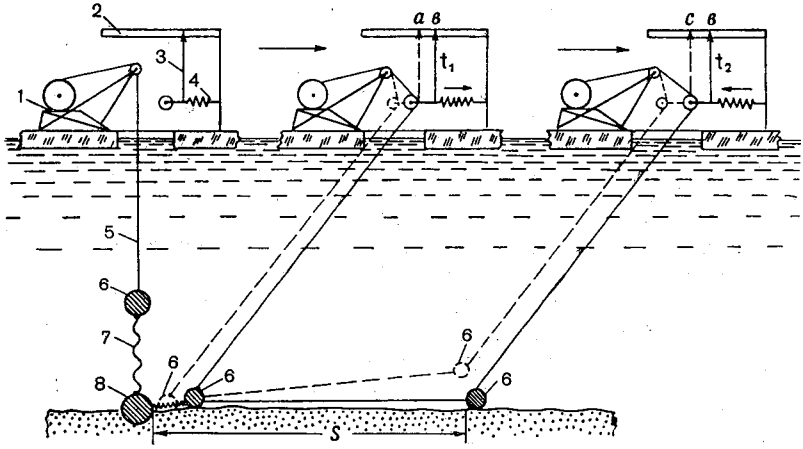


Рис. 17.3. Схема базисного способа определения дрейфа.

1 — лебедка, *2* — неподвижный экран, *3* — индекс, *4* — пружина, *5* — трос, *6* — ползущий груз, *7* — линь, *8* — груз-якорь.

После того, как оба груза окажутся на дне, натяжение троса уменьшится. У лебедок, имеющих автоматический тормоз, барабан остановится. По мере дрейфа трос *5* натягивается. При дальнейшем натяжении троса груз *6* поползет по дну, растягивая базу. Для определения моментов начала и конца растягивания базы используется чувствительный динамометр. По мере дрейфа натяжение троса будет возрастать до тех пор, пока натяжение троса не преодолеет сцепления с грунтом ползущего груза. Натяжение троса в момент срыва груза больше натяжения при волочении его по дну. Поэтому немедленно после срыва груза (начало его движения) натяжение троса упадет. В это время по динамометру отмечается начальный момент t_1. В течение всего времени волочения груза по дну, как показал опыт многих наблюдений, натяжение троса будет оставаться постоянным. Как только вся база окажется растянутой по дну, натяжение троса вследствие сопротивления срыву груза-якоря начнет возрастать. В это время отмечается момент t_2. Если вслед за моментом t_2 произошел срыв

груза, то момент конца растяжения базы по дну замечен правильно. Таким образом, перемещения стрелки динамометра позволяют определить время, затраченное на растягивание базы.

17.3. Обработка наблюдений

Обработка наблюдений за течениями, произведенных в дрейфе вертушкой и по радиолокационным определениям положения судна Обработка производится следующим образом.

1. Определяют скорость и направление дрейфа судна для каждого промежутка времени между двумя определениями положения судна. Для этого находят на карте или на плане расстояние которое продрейфовало судно за промежуток времени между двумя определениями его положения, и делят каждое найденное расстояние на соответствующий промежуток времени. Направление дрейфа определяют при помощи транспортира по карте или по плану.

2. Обрабатывают показания вертушек за каждый промежуток времени, для которого определялся дрейф.

3. Определяют скорость и направление течения. Так как вертушки показывают результирующую течения и дрейфа, то для получения истинной скорости и направления течения следует из результирующего вектора течения и дрейфа (показаний вертушки) вычесть вектор дрейфа. Вычитание этих двух векторов можно сделать графическим способом, при помощи векторного круга или при помощи таблиц для обработки наблюдений над течениями.

Обработка наблюдений за течениями, произведенных вертушкой и вытравливанием троса. *Наблюдения лотовым способом*

1. Определяют скорость дрейфа судна (льдины). Для этого вычисляют расстояние X, на которое продрейфовало судно за интервал времени Δt от момента касания лотом дна до момента, когда лот оторвался от дна:

$$X=\sqrt{l^2-z^2},$$

где l — длина вытравленного троса, z — глубина места плюс высота блок-счетчика.

Расстояние X, вычисленное по вышеуказанной формуле, как катет прямоугольного треугольника, как правило, на 5—10% больше действительного, потому что трос от блок-счетчика к лоту на дне во время измерения дрейфа располагается не строго по гипотенузе, а по некоторой кривой. На эту величину (5—10%) целесообразно уменьшить X, в особенности при углах α наклона троса, бо́льших 20°.

Пример. Определить скорость дрейфа, если $z=150$ м, $l=200$ м, $\alpha=30°$, $\Delta t=100$ с.

Решение. $X=\sqrt{200^2-150^2}=\sqrt{17\,500}\approx 132$ м. Умножаем его на 10%, тогда $X'=132-13=119$ м. Скорость дрейфа $V=\frac{119}{100}=1{,}19$ м/с.

2. Определяют направление дрейфа. Для этого при наблюдениях с судна следует к направлению дрейфа относительно диаметральной плоскости судна (по курсовому углу) прибавить истинный курс (ИК) судна.

Пример. $z=120$ м, $l=150$ м, $\alpha=10°$, $\Delta t=75$ с.

Курсовой угол (КУ) равен 250°, компасный курс судна равен 165°, поправка на склонение равна 5°.

Определить скорость и направление дрейфа.

Решение. $X=\sqrt{150^2-120^2}=\sqrt{8100}=90$ м уменьшаем на 6%, $X=90-5=$ $=85$ м. Скорость дрейфа $V=\frac{85}{75}=1{,}13$ м/с. Направление дрейфа равно $250°+$ $+165°+5°=420°=60°$.

Результаты определения дрейфа можно записать следующим образом.

Дата и время наблюдений, ч мин	z м	l м	Δt с	$\alpha°$	X м	X' м	Скорость дрейфа, м/с	Компасный курс судна + + склонение	Курсовой угол	Направление дрейфа
19 VI 1964 17 00	120	150	75	10	90	85	1,13	170	250	60

3. Обрабатывают показания вертушки, т. е. находят результирующую дрейфа и течения.

4. Определяют скорость и направление истинного течения. Эти величины можно найти графическим способом, при помощи векторного круга или при помощи таблиц.

Наблюдения базисным способом. Для определения скорости дрейфа следует разделить длину базы S на промежуток времени t_2-t_1, необходимый для растягивания базы по дну. Скорость дрейфа

$$V=\frac{S}{t_2-t_1}.$$

Все остальные операции по определению скорости и направления течения производят так же, как и при обработке наблюдений плотовым способом.

Глава 18. НАБЛЮДЕНИЯ ЗА ТЕЧЕНИЯМИ РАДИОЛОКАЦИОННЫМ МЕТОДОМ, ПАРАШЮТНЫМ БУКСИРОМ И ПОПЛАВКОМ НЕЙТРАЛЬНОЙ ПЛАВУЧЕСТИ

18.1. Сущность радиолокационного метода и его особенности

Метод состоит в том, что с помощью радиолокатора ведутся наблюдения за перемещением вех (поплавков), имеющих подводный парус и несущих на себе пассивный радиолокационный

отражатель. На экране радиолокатора изображаются отраженны импульсы от вех, перемещающихся на течении. Положение импуль сов, а следовательно, и вех фиксируется по шкалам радиолокатора и наносится на планшет или карту. Перемещение радиолокацион ной вехи происходит под суммарным воздействием течения $V_т$ и ветра $V_{др}$, иными словами, наблюдается суммарный снос вехи $V_{сн}$ определяемый векторным соотношением

$$V_{сн} = V_т + V_{др}. \qquad (18.1$$

Определив суммарный снос вехи за время наблюдений и рас считав ветровой дрейф, можно найти скорость и направление те чения.

Радиолокационный метод позволяет получить данные о поло жении вех на любой момент времени. Важно отметить, что с по мощью радиолокатора можно вести наблюдения и при отсутствии оптической видимости (темное время суток, туман).

При одновременном использовании нескольких вех с одного судна, стоящего на якоре, наблюдениями может быть покрыта значительная площадь моря, примерно 50—80 км². При этом про слеживаются линии тока и пространственное изменение элементо течения.

Наблюдения над поверхностными течениями с использованием радиолокационных вех можно осуществить также путем фото съемки экранов радиолокатора и блока совмещения. Суть таких наблюдений заключается в том, что отдельные положения радиоло кационной вехи, перемещающейся на течении, фиксируются фото графированием экрана радиолокатора. Фотосъемка осуществля ется через определенные промежутки времени, что позволяет по лучить картину последовательного перемещения радиолокационны вех на течении и по этим кадрам определить направление и ско рость перемещения вех за каждый интервал времени.

При подобных съемках удобно использовать блок совмещения оборудованный фотоприставкой. Известно, что большим достоин ством блока совмещения является возможность наблюдать обста новку в море на экране радиолокатора, на фоне навигационно карты.

Для фотосъемки экрана радиолокатора используется специаль ная фотоприставка с фотоаппаратом.

18.2. Буйки и вехи для наблюдений за течениями в поверхностном слое

Основные требования к радиолокационным вехам. Радиолока ционные вехи, применяемые для наблюдений над течениями, со стоят из следующих частей: буя, который создает положительну плавучесть системе и является основой конструкции для креплени надводной и подводной частей вехи; подводного паруса, которы служит для увеличения площади давления воды на веху, благо

ıаря чему уменьшается доля ветрового дрейфа вехи, и штанги . укрепленным на ней пассивным отражателем.

Радиолокационные вехи должны удовлетворять следующим ребованиям: ветровой дрейф вех должен быть минимальным, ı радиолокационная видимость вех должна быть достаточно хоро- ıей при небольших размерах отражателя и небольшом его возвы- ıении над водой.

Ветровой дрейф вехи определяется по формуле

$$V_{др}=KV_{в}, \tag{18.2}$$

де $V_в$ и $V_{др}$ — скорости ветра и дрейфа вехи.

Коэффициент дрейфа равен

$$K=\sqrt{\frac{C_в\rho_в S_в}{C_т\rho_т S_т}}, \tag{18.3}$$

де $C_в$ и $C_т$ — коэффициенты лобового сопротивления для надвод- ıой и подводной частей вехи; $\rho_в$ и $\rho_т$ — плотность воздуха и воды; $S_в$ и $S_т$ — площади миделевого сечения надводной и подводной астей вехи.

Округленно примем $\frac{\rho_в}{\rho_т}=\frac{1}{800}$ и коэффициенты лобового сопро- ивления для вех с сетчатыми отражателями $C_в=0{,}8$ и $C_т=1{,}0$ на основании испытаний в аэродинамическом бассейне). Тогда оэффициент ветрового дрейфа для вех с сетчатыми отражателями

$$K=0{,}031\sqrt{\frac{S_в}{S_т}}. \tag{18.4}$$

Из выражения (18.4) видно, что коэффициент дрейфа зависит т соотношения площадей сечения надводной и подводной частей ехи. Для уменьшения ветрового дрейфа необходимо, по возмож- ıости, увеличить площадь подводного паруса. Однако слишком ıольшие размеры паруса усложняют работу с вехой.

Можно также уменьшить площадь сечения надводной части ехи, которая зависит, главным образом, от размеров отражателя, становленного на вехе. Однако при этом следует помнить, что ффективная отражательная способность зависит в первую очередь т размера стороны отражателя.

Рациональное решение этой задачи возможно путем использо- ания сетчатых уголковых отражателей. Это видно из следующего ростого расчета.

Сила действия ветра ($R_в$) на поверхность отражателя опреде- ıяется известной формулой аэродинамики

$$R_в=\frac{\rho_в}{2}S_в C_в V_в^2. \tag{18.5}$$

Для сплошной пластины $C_в$ практически равно единице, для оверхности, смонтированной из проволочной сетки, $C_в=0{,}8$, т. е. етровое сопротивление при сетчатом отражателе уменьшается а 20%.

Н. Ф. Кудрявцев (1959, 1963) предложил способ определения вектора течения по наблюдениям двумя радиолокационными вехами, при котором не требуется определять скорость ветра и ветровой дрейф.

Он показал, что если две радиолокационные вехи имеют одинаковые площади надводных частей ($S_{В_1} = S_{В_2}$) и подобные по форме но не равные площади миделевых сечений подводных частей ($S_{Т_1}$ и $S_{Т_2}$), то вектор течения может быть найден по формуле

$$\mathbf{V}_Т = (1-b)\,\mathbf{V}_{СН_1} + b\mathbf{V}_{СН_2}, \qquad (18.6$$

где $\mathbf{V}_{СН_1}$ и $\mathbf{V}_{СН_2}$ — векторы суммарного сноса первой и второй вех и

$$b = \frac{1}{1-\sqrt{\dfrac{S_{Т_1}}{S_{Т_2}}}}.$$

Рассмотрим вопрос об эффективной отражательной способности сетчатых отражателей и их радиолокационной дальности видимости. Для определения эффективной отражающей площади сетчатого отражателя по теории радиолокации необходимо, чтобы диаметр ячеек не превышал половины длины волны радиолокатора.

Наиболее часто используются треугольные и прямоугольные уголковые отражатели, эффективная отражательная способность которых зависит от размеров стороны отражателя a и длины волны радиолокатора λ.

Эффективная отражательная площадь треугольного пассивного отражателя определяется формулой

$$S_{эф} = \frac{4\pi a^4}{3\lambda^2}, \qquad (18.7$$

а прямоугольного

$$S_{эф} = \frac{12\pi a^4}{\lambda^2}. \qquad (18.8$$

Из сравнения формул (18.7) и (18.8) видно, что прямоугольные уголковые отражатели имеют в девять раз большую эффективную отражательную поверхность, чем треугольные. Однако диаграмма направленности прямоугольных уголковых отражателей более острая и интенсивность отражения при изменении угла облучения падает быстрее, чем у треугольных отражателей. Однако следует иметь ввиду, что площадь сечения $S_В$ прямоугольных отражателей в два раза больше, чем у треугольных отражателей при одинаковом значении стороны a.

Для того, чтобы радиолокационная веха была видна на экране радиолокатора при любом ее положении по отношению к радиолокационному лучу на ней устанавливаются комплекты из нескольких треугольных или прямоугольных отражателей. Как показал опыт, весьма удобными в работе оказываются ромбические сетчатые отражатели.

Максимальная дальность $r_{макс}$ (км) обнаружения радиолокационных вех радиолокатором может быть получена по формуле

$$r_{макс} = \sqrt[8]{AS_{эф}(h_1h_2)^4}, \qquad (18.9)$$

де $S_{эф}$ — эффективная площадь отражателя; h_1 — высота антенны адиолокатора; h_2 — высота уголкового отражателя; A — параметр, ависящий от технических данных радиолокационной станции.

Значение A приводится в техническом паспорте локатора.

Для получения значений $r_{макс}$ в милях следует правую часть равенства (18.9) умножить а 0,54.

Рекомендуемые типы адиолокационных вех. Для наблюдений за течениями применяются различные типы радиолокационных вех.

Веха ААНИИ. В Арктическом и антарктическом научно-исследовательском институте создана радиолокационная веха вращающимся отражателем (рис. 18.1). Отражатель состоит из четырех рямоугольных металлических листов, прикрепленных жестко к квадратому бруску. Перпендикулярно листам в средней асти фигуры крепят четыре листа, в результате его образуется фигура, аключающая восемь рехгранных прямых угов. Для вращения отражателя в его верхней и нижней частях симметрично расположены о четыре полусферические лопасти, воспринимающие давление етра. Верхние и нижние части брусков снабжены шарикоподшипниками, что позволяет отражателю вращаться даже при слабых етрах. Ось отражателя имеет специальную втулку, с помощью оторой он устанавливается на топе вехи.

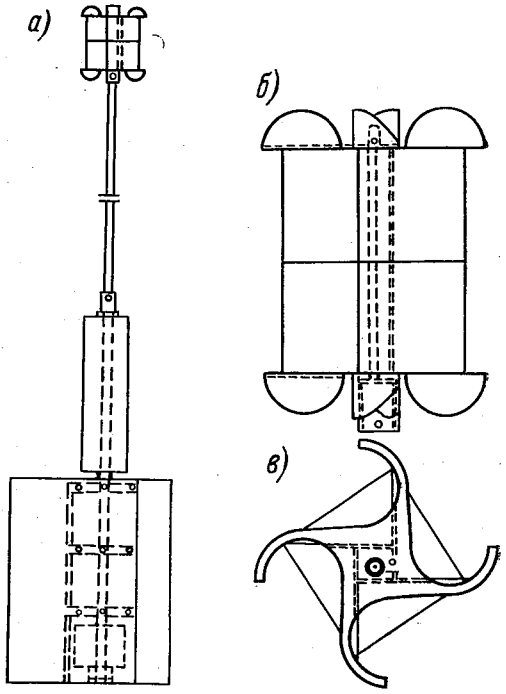


Рис. 18.1. Вращающаяся радиолокационная веха ААНИИ.

а — общий вид вехи, *б* — пассивный отражатель, *в* — вид пассивного отражателя сверху.

При вращении отражателя максимумы и минимумы отражения лектромагнитной энергии относительно направления на радиолоатор будут чередоваться тем быстрее, чем больше скорость его ращения. Это позволяет получить на экране сигнал примерно

постоянной яркости. Недостатком отражателя является больша площадь лобового сопротивления.

Веха Т-2[1] является портативной разборной вехой со складываю щимся парусом и предназначена для работы с малотоннажных су дов и катеров. Она состоит из следующих частей: поддерживаю щего буя, составной штанги, ромбического уголкового сетчатог отражателя и подводного паруса.

Поддерживающий буй изготовлен из железа, высота его 40 см Буй имеет в середине сквозную втулку, куда устанавливается ме таллическая штанга, длиной 200 диаметром 4 см. Штанга состоит и двух частей, соединенных патроном К штанге при помощи внутреннег замка крепится уголковый сетчатый от ражатель.

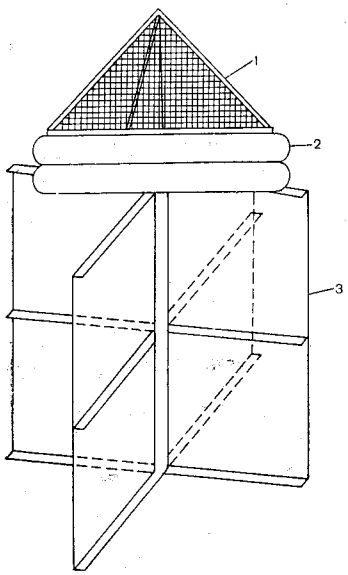


Рис. 18.2. Радиолокационный буек М-2.

1 — пирамидальный отражатель, *2* — пенопластовый поплавок, *3* — подводный парус.

Складной подводный парус разме ром 1,2×2,5 м выполнен из тонког брезента и скреплен через люверсы тремя стальными крестовинами дли ной 120, шириной 20 и толщиной 0,3 см Верхняя крестовина с помощью четы рех гаек крепится к специальной пло щадке на нижней части буя. Для скла дывания и раскрытия паруса служи направляющий трос, который закреп лен в двух противоположных конца нижней крестовины. На буе трос прой дет через рым и имеет деревянную руч ку. При необходимости сложить па рус достаточно потянуть трос, тогда па рус складывается в плоскую гармошк под буем. Раскрывается парус при ос лаблении троса на рыме буя под тя жестью крестовины. Пуск и подъе вехи можно осуществлять с борта суд на или катера вручную.

Подготовка радиолокационной вехи Т-2 к наблюдениям прово дится в такой последовательности. К нижней части буя крепитс верхняя крестовина подводного паруса, который находится в сло женном виде. Затем на рым буя закрепляется направляющий тро Отдельно собирается верхняя часть вехи. Соединяются патроно две составные части штанги, а затем к верхней части штанг крепится с помощью замка отражатель.

Буй со сложенным парусом опускается на воду, при этом пару раскрывается под тяжестью крестовин, через втулку буя вставля ется штанга с отражателем. При подъеме вехи снимается верхня

[1] Веха была создана в Ленинградском высшем инженерном мореходно училище им. адм. Макарова.

асть штанги с отражателем. После этого с помощью направляю-
дего троса складывается подводный парус, и буй поднимается на
борт.

Радиолокационные буйки типа М-2 были испытаны в Гидроло-
ическом институте и Гидрографическом предприятии ММФ. Буек
М-2 (рис. 18.2) состоит из сетчатого пирамидального отражателя
со стороной $a=30$ см и $S_{эф}=30$ м^2, пенопластового поплавка *2*
подводного паруса *3*. При высоте антенны радиолокатора при-
мерно 10 м радиолокационная дальность видимости буйка около
миль. Подводный парус состоит из двух взаимно перпендикуляр-
ых брезентовых или фанерных полотнищ размером 1×1 м, за-
репленных на крестовинах. Соотношение надводной и подводной
астей буйка $\left(\frac{S_в}{S_т}\right)$ равно $^1/_8$.

Подобные радиолокационные буйки очень просты и дешевы
производстве и могут быть изготовлены непосредственно на
удне. Такие буйки применяются для наблюдений за течениями
тихую погоду или при ветре не более трех баллов. При больших
коростях ветра они испытывают значительный ветровой дрейф,
импульсы от буйков на экране радиолокатора забиваются более
ощными импульсами от волнения.

18.3. Состав и порядок наблюдений за течениями

В состав наблюдений входит определение места судна по счи-
лению или обсервации; фиксация местоположения вехи в данный
омент времени относительно судна или центральной неподвиж-
ой вехи, наблюдения за ветром и волнением моря.

Определение места судна производится обычными приемами,
рименяемыми в навигации. В каждом случае выбирается тот
рием, который дает наибольшую точность определения.

Фиксация отдельных положений радиолокационных вех отно-
ительно судна, координаты которого известны, производится пу-
ем определения расстояния и направления до них по шкалам ин-
икатора кругового обзора с нанесением их на планшет или карту.

Выбор промежутков времени между последующими отсчетами
о шкалам радиолокатора определяется в зависимости от скорости
иксируемого течения и применяемой шкалы дальности.

Промежуток времени между двумя отсчетами выбирают таким
бразом, чтобы при переходе с одной шкалы на другую отрезок
ути, пройденный импульсом, отраженным от вехи, был на экране
адиолокатора примерно одинаковым. Промежутки времени зна-
ительно сокращаются с увеличением скорости течения и возра-
тают при переходе с одной шкалы дальности на другую.

Продолжительность каждой серии наблюдений зависит от за-
ач исследования; обычно она равна одному часу. В отдельных
лучаях продолжительность наблюдений может быть изменена.
Іапример, если необходимо проследить с помощью радиолока-
ионной вехи направление и скорость течения на значительном

участке акватории, то продолжительность наблюдений может со ставлять несколько часов. При таких наблюдениях получают пред ставление как о генеральном направлении и средней скорости те чения, так и характеристики его на отдельных участках.

Отсчеты по шкалам радиолокатора при наблюдениях за пере мещением вех каждый час сопровождаются определением скорост и направления ветра, направления и высоты волн. Данные наблю дений заносятся в книжку для записи радиолокационных наблю дений за течениями.

Определять течения радиолокационным методом можно с за якоренного или перемещающегося судна, в последнем случае не обходимо выставлять заякоренную веху.

Наблюдения за течениями с судна, стоящего на якоре. *Наблю дения за течениями в неприливных морях.* При наблюдениях з течением с судна, стоящего на якоре, применяются следующие при емы работы: 1) определение элементов течения с помощью оди ночной радиолокационной вехи и 2) определение элементов те чения при использовании нескольких радиолокационных вех.

При использовании одиночной радиолокационной вехи судн становится на якорь в заранее намеченной точке, и с него на вод спускается веха. Как только она выходит из мертвой зоны радио локационной станции, за нею начинают вести наблюдения по ра диолокатору. Радиус мертвой зоны может быть определен п формуле

$$r = 6{,}3h_1, \qquad (18.1$$

где r — радиус мертвой зоны, h_1 — высота антенны радиолокатора

Продолжительность каждой серии наблюдений определяется как уже указывалось, задачами исследования.

Если необходимо провести одновременно определение элемен тов течения на значительной акватории, то используется несколь радиолокационных вех. Площадь моря, охватываемая наблюде ниями, зависит от того, на какой шкале радиолокатора ведутс наблюдения. Как показывает опыт, наиболее часто при работ с несколькими вехами используется 5-мильная шкала. При это спуск на воду и взятие на борт вех может производиться судно или спуск вех осуществляется судном, а подъем катером.

Наблюдения за течениями в морях с приливами. Исходя из спе цифики приливного течения, приходится применять различны приемы определения элементов приливного течения с помощь судового радиолокатора. Ниже рассматриваются три возможны приема наблюдений: 1) наблюдения с помощью одиночной радио локационной вехи; 2) наблюдения с помощью трех радиолокацио ных вех и катера и 3) наблюдения с использованием большого ко личества радиолокационных буйков без возвращения их на судно

При запуске одиночной радиолокационной вехи на приливно течении можно судить только о перемещении ее вместе с части цами воды за период приливного цикла или, иными словами, по лучить представления об эллипсе приливного течения.

На рис. 18.3 показан результат наблюдений за перемещениями диночной радиолокационной вехи на приливном течении. Судно тояло на якоре в точке *А*. Наблюдение производилось в течение ести часов с использованием радиолокационной вехи типа Т-2. Последовательное определение координат вехи радиолокатором роизводилось через каждые 15 мин.

Наблюдения были начаты за 1 ч до конца приливного течения точки *1—6*). В течение последующих 30 мин направление течения изменилось на обратное точки *7—9*). Далее наблюдения велись над отливным течением, скорость которого постепенно возрастала (точки *10—4*).

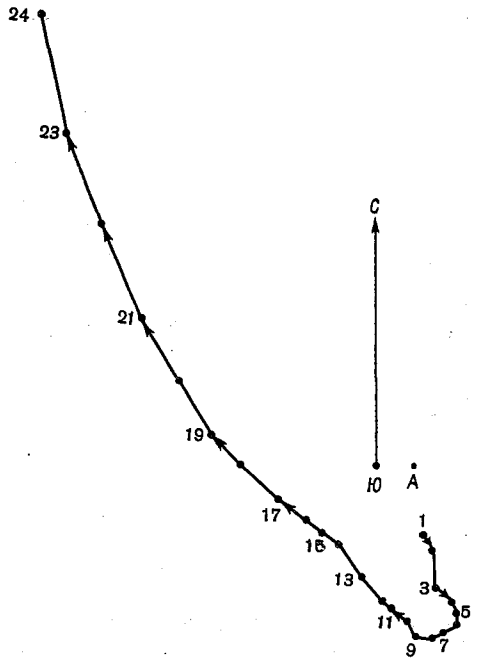


Рис. 18.3. Наблюдения за перемещением одиночной радиолокационной вехи на приливном течении.

Следует иметь в виду, что а время наблюдений над веой она может удалиться на ольшое расстояние от судна. ак как течение в разных точах траекторий дрейфа вехи ожет быть разным, то при поощи одной вехи можно полуить лишь приближенные данные о ежечасных скоростях и аправлениях течения в точке тоянки судна.

Для определения ежечасых скоростей и направлений риливных течений вблизи судна можно рекомендовать исользование трех радиолокацинных вех и катера[1]. При таом приеме работы радиолокаионные вехи последовательно апускаются от судна и за ними ведутся наблюдения радиоокатором. После того как соответствующая веха выходит из зоны аблюдений, ее подбирает катер и доставляет на судно.

При работе в темное время суток необходимо, чтобы на судне елись одновременно радиолокационные наблюдения за вехами катером. Перед выходом катеру задается курс на веху, а при го отклонениях от курса с судна подаются условные звуковые или ветовые сигналы. Для обеспечения поиска на вехах устанавливаются лампочки, а катер снабжается достаточно сильным источниом света для освещения вех при поисках. Желательно, чтобы ежду катером и судном была налажена радиосвязь.

[1] Применение этого приема возможно при волнении не свыше 4 баллов связи с необходимостью пользоваться катером.

При наблюдениях с использованием большого количества ра диолокационных буйков без возвращения их на судно на борт судна необходимо иметь для суточного цикла наблюдений не ме нее 25 радиолокационных буйков.

Буйки выпускаются ежечасно, без возврата их на судно, пр этом используются простые по конструкции и достаточно деше вые радиолокационные буйки. Могут быть рекомендованы радио локационные буйки М-2.

Этот прием позволяет производить наблюдения только при вол нении до трех баллов, более сильное волнение забивает на экран радиолокатора изображе ния от буйков.

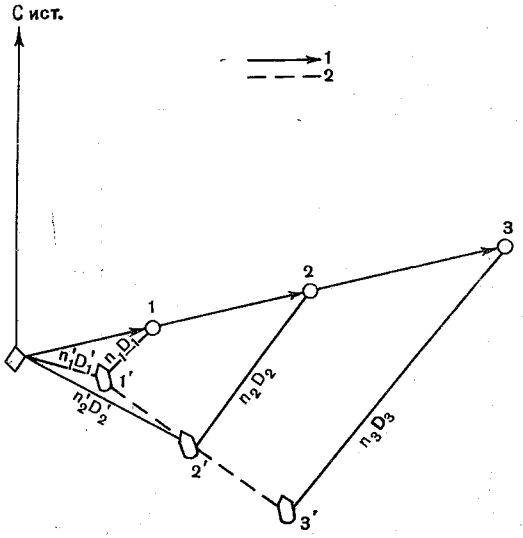


Рис. 18.4. Определение течения радиолокационным способом без постановки судна на якорь.

1 — путь вехи, *2* — путь судна.

Наблюдения за тече ниями без постановк судна на якорь. Если суд но не имеет возможност встать на якорь для ра диолокационных наблюде ний за течениями, можн использовать прием «цен тральной неподвижно вехи». Сущность этог способа заключается том, что с судна устанав ливают на якорь радиоло кационную веху с мош ным отражателем. По от ношению к такой непод вижной вехе определяю местоположение судна перемещение на течени радиолокационных вех.

Пути перемещения ра диолокационных вех опре деляют способом истинной прокладки. Она осуществляется следую щим образом. Пусть в момент времени t_1 на экране радиолокатор обнаружены сигналы от радиолокационной вехи, перемещающейс на течении. В этот момент времени определяют с судна ее пе ленг n_1 и расстояние D_1. В это же время определяется также ме стоположение судна в точке 1 по отношению к неподвижной вех (n_1' и D_1'). Полученные данные наносят на карту или на планше и определяют положение дрейфующей вехи относительно централь ной неподвижной вехи. Через несколько минут такие наблюде ния повторяются. Для точного определения истинного курса скорости дрейфующей вехи надо иметь не менее трех наблюдени (рис. 18.4).

Весьма важным моментом при этом способе является правил ная установка центральной неподвижной вехи. При ее установк должны быть выполнены два условия: 1) веха должна быть неза

топляемой, 2) веха должна иметь минимальный радиус смещения от центральной точки постановки.

Под воздействием ветра и течения центральная веха будет перемещаться по поверхности воды в пределах окружности определенного радиуса. Радиус этой окружности зависит от превышения длины вытравленного троса над глубиной места (притравка) и сил, действующих на центральную веху.

Для того чтобы при радиолокационном методе определения места по отношению к центральной радиолокационной вехе не допускать ошибок за счет ее смещения, радиус ее перемещения не должен превышать расстояние, на котором видно раздельное изображение двух точечных объектов на экране радиолокатора. Так для радиолокатора «Нептун» это расстояние для первой и второй шкал соответственно равно 50 и 70 м.

Центральная радиолокационная веха устанавливается так же, как и буйковая якорная станция (см. гл. 20).

18.4. Точность определения элементов течения

Точность определения элементов течения с помощью радиолокационных вех зависит от того, на какой шкале радиолокатора и на каком расстоянии от судна проводятся наблюдения. Известно, например, что радиолокатор «Нептун» обеспечивает определение направления на предмет с точностью 2°, определение расстояний по первой шкале — 0,2, по второй — 0,35 и по третьей — 1,5 кабельтова.

Для вычисления вероятной ошибки в определении скорости течения можно воспользоваться следующим соотношением:

$$\Delta V = \frac{2}{3}\frac{r_1 + r_2}{t}, \qquad (18.11)$$

где ΔV — вероятная ошибка вычисления скорости течения; r_1 и r_2 — радиусы окружностей погрешностей при первом и втором определении положения радиолокационных вех; t — промежуток времени между двумя определениями местоположения вехи.

Определение положения радиолокационных вех с помощью радиолокатора производится по пеленгу и расстоянию. Следовательно, радиус окружности погрешности может быть определен по формуле

$$r = \pm\sqrt{\left(\frac{D\varepsilon}{60}\right)^2 + (\Delta D)^2}, \qquad (18.12)$$

где D — расстояние до радиолокационной вехи; $\pm\Delta D$ — ошибка измеренном расстоянии; $\pm\varepsilon$ — ошибка в истинном пеленге, °.

Полагая, что положение радиолокационной вехи при первом и втором определениях получены с одинаковой точностью (т. е. $r_1 = r_2$), имеем

$$\Delta V = \frac{4}{3}\frac{r}{t}, \qquad (18.13)$$

или

$$\Delta V = \pm \frac{4}{3} \frac{1}{t} \sqrt{\left(\frac{D\varepsilon}{60}\right)^2 + (\Delta D)^2}. \qquad (18.14$$

По этой формуле можно определить вероятную ошибку в опре делении скорости течения при наблюдениях по радиолокационным вехам. Так, для радиолокатора «Нептун» ошибка в определени скорости течения (за часовой промежуток времени по первой шкале не превышает 0,07, по второй — 0,1 уз при расстоянии от судна до 2,5 м. миль и не свыше 0,2 уз при расстоянии от судна от 2,5 до 5 м. миль.

Практический вывод: наблюдения за течениями выгодно про изводить вблизи судна на наиболее крупномасштабной шкале ра диолокатора.

18.5. Наблюдения за глубинными течениями при помощи парашютного буксира, точность и надежность наблюдений

Парашютный буксир (рис. 18.5) состоит из следующих основ ных частей: троса *3*, зажима-размыкателя *4*, парашюта *7*, груза *6* марок на стропах *5*, посыльного груза *2*. В качестве поддержи вающего буя обычно применяется пенопластовый буй плавучесть до 120 кг. Плавучесть буя подбирается в зависимости от применяе мого парашюта и глубины его постановки. К верхней части бу обычно прикрепляют на штанге пассивный отражатель для наблю дений за его движениями при помощи радиолокатора. Можн также оборудовать буй-буксир флагом или проволочной крестови ной, обтянутой цветной материей, для наблюдений над ним пр помощи оптических или навигационных приборов. Для придани бую-буксиру достаточной устойчивости штанга должна выйт снизу не менее чем на 2,5 м от центра тяжести буя, увеличени устойчивости способствует также груз *6*, который должен быт достаточно большим. К бую прикрепляют трехмиллиметровы трос.[1] Увеличивать диаметр троса свыше трех миллиметров н рекомендуется: возрастает его масса и сопротивление течени а следовательно, уменьшается глубина применения парашютног буксира.

В качестве парашюта *7* служат авиационные парашюты МПЛ и ПДТ-1 с площадями куполов в 40 и 70 м². Парашют МПЛК при меняют при работах до глубины 500 м, а парашют ПДТ-1 — д глубины 1000 м.

Для того чтобы можно было вытащить парашют, служит за жим-размыкатель *4*. По своему устройству он подобен зажим

[1] Американские исследователи для подвески парашютов применяли струн Парашютные буксиры служили им только для разовых измерений. При приме нении трехмиллиметрового троса и зажима-размыкателя буксиры могут приме няться многократно.

батометра Нансена. Размыкатель переводит место крепления троса от стропов к куполу парашюта. Зажим открывается при помощи посыльного груза *2*.

Установку парашютного буксира производят в следующей последовательности. Отмеряют количество троса, необходимое для погружения парашюта на горизонт наблюдения. Затем трос присоединяют к бую и надевают на трос утяжеленный посыльный груз *2*, к которому присоединяют тросик. Вторым концом тросик подвязывают каболкой к одной из горизонтальных граней отражателя. После этого буй спускают на воду и по мере отхода судна от буя (в дрейфе или самым малым ходом) потравливают трос. Одновременно на палубе производят разборку стропов парашюта и собирают их в две группы, на каждую из них ставят у основания марки *5*.

Как только заданное количество троса будет выпущено за борт, он задерживается. К концу троса для увеличения устойчивости системы подвешивают груз *6*, туда же крепят одну из групп стропов парашюта. Выше груза на 0,75 диаметра парашюта на трос крепят зажим-размыкатель *4*, к которому присоединяют вторую группу стропов. Затем, придерживая парашют за купол, груз выводят за борт и опускают купол парашюта. Можно установку парашютного буксира произвести и в следующей последовательности: к концу троса подвешивают груз; подготавливают, как указано выше, парашют и прикрепляют его к тросу. Опускают парашют с грузом в воду и вытравливают необходимое количество троса. Одновременно прикрепляют к концу троса буй, надевают на трос, как это указано выше, посыльный груз и опускают буй в воду.

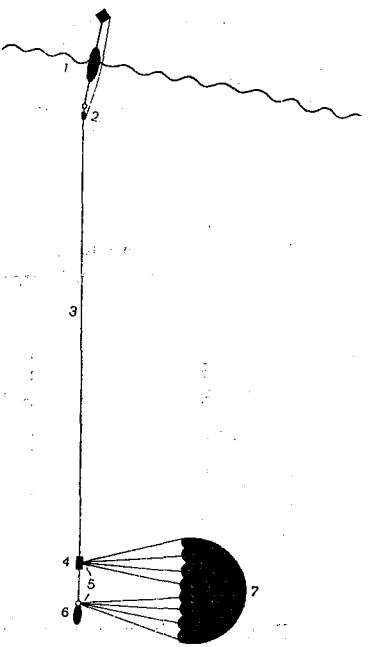


Рис. 18.5. Парашютный буксир для измерения глубинных течений.

1 — поддерживающий буй, *2* — посыльный груз, *3* — трос, *4* — зажим-размыкатель, *5* — марки на стропах, *6* — груз, *7* — парашют.

По окончании наблюдений, когда судно подходит к поддерживающему бую, обрывают каболку, крепящую тросик посыльного груза, и отпускают его. Как только груз достигнет размыкателя, начинают подъем системы. Буй поднимают на палубу, отсоединяют трос, выбирают трос лебедкой и поднимают парашют и груз за борт. Так как подъем парашюта производится с одной отсоединительной группой стропов, то сопротивление парашюта при подъеме незначительно и обрыва троса не будет.

18.6. Наблюдения за глубинными течениями при помощи поплавков нейтральной плавучести

Принцип действия поплавка нейтральной плавучести. Для изме рения скорости и направления течения на больших глубинах слу жит поплавок (буек) нейтральной плавучести.

В основе метода лежит принцип, согласно которому тело, об ладающее меньшей сжимаемостью, чем морская вода, и имеюще на поверхности незначительный избыток веса, при погружении н некоторую глубину приобретает плавучесть, достаточную для того чтобы прийти в состояние равновесия и находиться во взвешенно состоянии.

Поплавок сделан в виде трубы из алюминиевого сплава. Труб состоит из двух частей по 3 м каждая. Нижняя труба несет си

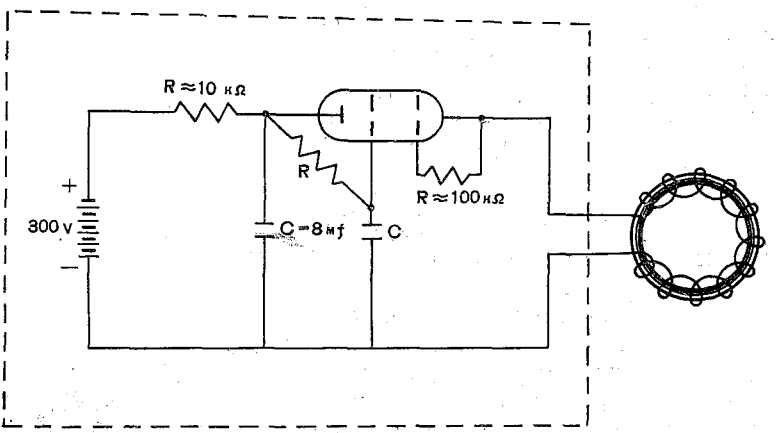


Рис. 18.6. Принципиальная схема передатчика поплавка нейтральной плавучести.

нальное устройство, а верхняя обеспечивает нужную плавучест С обоих концов труба герметически закрывается крышкам В верхней части размещены дополнительные грузики, необходимы для уравновешивания поплавка; в нижней части находятся бат реи и передатчик, периодически посылающий ультразвуковы сигналы.

Принципиальная схема передатчика показана на рис. 18. Он состоит из вибратора, возбудителя акустических сигналов и б тарей питания. Основной деталью возбудителя является электр ческая лампа (строботрон), которая при определенном заряд конденсатора разряжает его мгновенной вспышкой. Разряд емк сти заставляет вибратор резонировать с выбранной частото В зависимости от емкости конденсатора C и сопротивления R ч стоты импульсов могут колебаться в широких пределах.

Плавучесть поплавка предварительно регулируется на берег Для этого поплавок погружают в солевой раствор заданной пло

ности и, изменяя число грузиков, приводят его в состояние нейтральной плавучести. Подгонка массы поплавка должна быть выполнена с точностью до 1 гр.

Окончательная регулировка плавучести поплавка производится на борту судна. Для этого предварительно измеряют температуру и соленость морской воды в районе наблюдений и вычисляют по результатам этих измерений плотность воды на горизонтах предполагаемого запуска поплавка. По плотности воды и сжатию

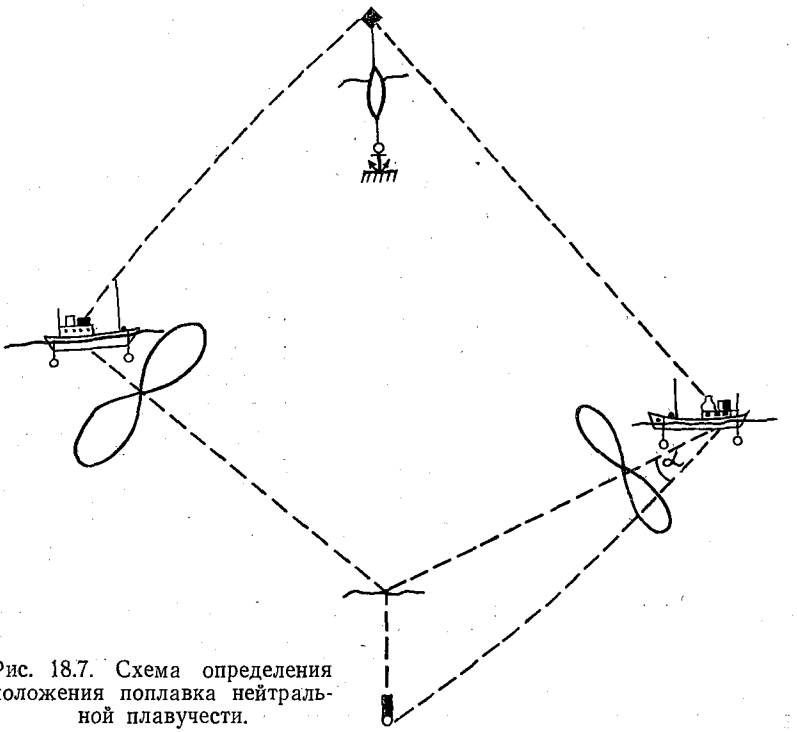


Рис. 18.7. Схема определения положения поплавка нейтральной плавучести.

поплавка определяют число грузиков, которое необходимо для того, чтобы поплавок погрузился на заданный горизонт.

Для определения местоположения поплавка судно оборудуют двумя гидрофонами ниже днища с носовой и кормовой частей судна. Гидрофоны погружаются вертикально. Для этой цели к ним подсоединяют грузы.

Дрейфуя под действием течения, поплавок посылает ультразвуковые импульсы, которые принимаются гидрофонами, усиливаются раздельно усилителями и подаются на двухлучевой осциллограф, временная база которого может быть настроена на сигналы, получаемые каждым лучом. Числовое значение и знак разности получения сигналов гидрофонами могут быть измерены на осциллографе. Для наблюдений судно ставят носом к ветру. По мере разворота судна под действием ветра на экране

осциллографа наблюдают фигуру в виде восьмерки (рис. 18.7), обусловленную разностью во времени прохождения импульса от поплавка до носового и кормового гидрофонов. Значение разности, равное нулю, указывает на то, что линия, соединяющая гидрофоны (она обычно совпадает с диаметральной плоскостью судна), и пеленг на поплавок образуют прямой угол, т. е. что судно стоит лагом к поплавку. Направление с судна на поплавок обычно определяется в секторе около 120°. Место самого судна определяют радиолокатором по расстоянию до заякоренного буя и по пеленгу с судна на буй или наиболее точным для данного случая способом — астрономическими наблюдениями. Затем судно меняет место, после чего определяется его местоположение, и уже при новом положении судна повторяется весь процесс определения направления с судна на поплавок. Пересечение этих двух направлений определяет положение поплавка.

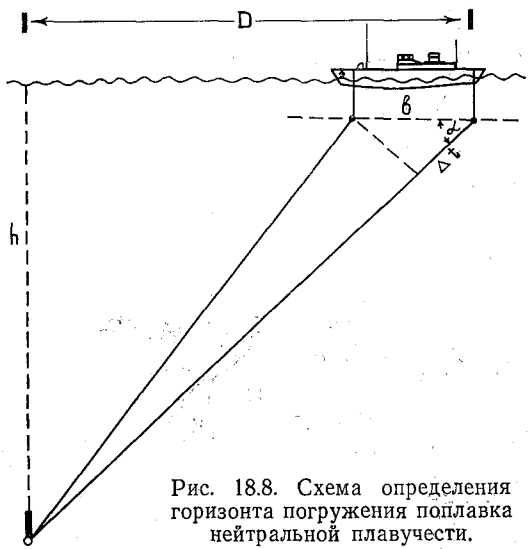


Рис. 18.8. Схема определения горизонта погружения поплавка нейтральной плавучести.

Глубина погружения поплавка может быть установлена по полярной диаграмме. По осциллографу находят максимальную разность во времени Δt прохождения импульса от поплавка до носового и кормового гидрофонов. Максимальная разность Δt соответствует случаю, когда судно стоит носом или кормой на поплавок. Отношение Δt ко времени b непосредственного прохождения импульса от носового гидрофона до кормового (рис. 18.8) равно косинусу угла между линией, соединяющей гидрофоны (горизонтом), и направлением от поплавка на судно:

$$\cos\alpha = \frac{\Delta t}{b}. \qquad (18.15)$$

Зная горизонтальное расстояние между поплавком и судном и $\cos\alpha$, можно найти глубину погружения поплавка.

Для определения времени b прямого прохождения сигнала между гидрофонами предварительно до наблюдений передатчик пускают плавать по поверхности и наблюдают максимальное запаздывание сигнала.

Производство наблюдений. При наблюдениях поплавками нейтральной плавучести следует различать два вида наблюдений: 1) наблюдения в небольшом районе с определением места судна

по заякоренному бую радиолокатором и 2) длительные наблюдения за перемещением поплавка с определением места судна астрономическими методами.

При наблюдениях в небольших районах работу начинают с постановки заякоренных радиолокационных вех. После этого определяют плотность воды на заданном горизонте и подгоняют плавучесть поплавка добавлением или изъятием грузиков. Затем поплавок выпускают за борт. Судно ставят носом к ветру. Как уже было указано, по мере изменения направления судна относительно ветра разность моментов получения сигналов изменяется и отмечается на полярной диаграмме в виде восьмерки (рис. 18.7) с отчетливым нулевым значением, соответствующим моменту, когда направление линии, соединяющей гидрофоны, перпендикулярно линии, соединяющей судно с поплавком. В этот момент берут пеленг на поплавок и одновременно определяют радиолокатором место судна относительно заякоренного буя. Затем судно переходит на другую точку, где все эти операции повторяют. Пересечение двух пеленгов на поплавок, проложенных на планшете, даст в плане положение поплавка нейтральной плавучести.

Во второй точке определяют, кроме того, горизонт, на котором находится поплавок, для этого определяют

$$\cos\alpha = \frac{\Delta t}{b}.$$

Найдя по таблицам угол α, определяют по этому углу натуральное значение $\operatorname{tg}\alpha$. Определив значение $\operatorname{tg}\alpha$, можно найти глубину h погружения поплавка нейтральной плавучести по формуле

$$h = D\operatorname{tg}\alpha, \qquad (18.16)$$

где D — расстояние от судна до точки проекции положения поплавка на поверхность моря, снимаемое с планшета (рис. 18.9 *а* и *б*).

Пример. Пусть в пункте *1* пеленг на поплавок равен 315°, а в пункте *2* — 35°. С планшета снимают расстояние D от пункта *2* до поплавка. Оно равно 1100 м. Разность времени Δt равна 0,010 с, а разность времени b — 0,025 с. Отношение $\frac{\Delta t}{b} = \cos\alpha = 0{,}4$; $\operatorname{tg}\alpha = 2{,}246$. Глубина поплавка $h = D\operatorname{tg}\alpha = 1100 \times 2{,}246 = 2470$ м.

Указанные выше операции через соответствующие интервалы времени повторяют. В результате на планшете получают траекторию перемещения поплавка нейтральной плавучести течением. Если поплавок нейтральной плавучести отойдет от радиолокационной вехи на расстояние, при котором место судна определить с достаточной точностью нельзя, следует выставить на пути перемещения поплавка нейтральной плавучести в качестве новой реперной точки вторую заякоренную веху.

При длительных наблюдениях может быть охвачена большая акватория. Положение судна при этом определяют астрономическими

или радионавигационными наблюдениями. Несмотря на то что место судна определяют с ошибкой, обусловленной астрономическим методом определения при длительном ряде наблюдений, осредненную траекторию перемещения поплавка нейтральной плавучести получают с достаточной точностью.

Определение глубины погружения поплавка нейтральной плавучести и определение его места по отношению к судну возможно и при наблюдениях с одной точки. Это позволяет избежать ошибок, возникающих из-за смещения поплавка за время перехода судна во вторую точку наблюдения. Кроме того, при этом методе сокращается время наблюдений.

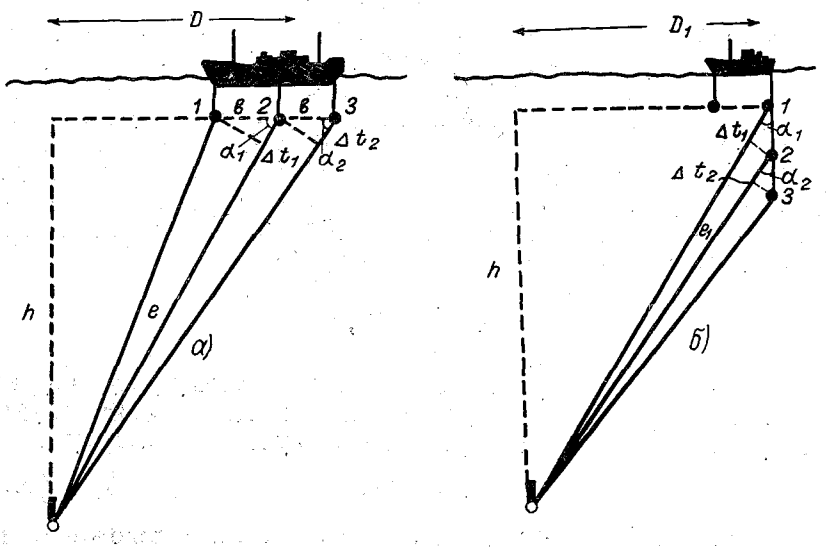


Рис. 18.9. Определение дальности и глубины погружения поплавка нейтральной плавучести с одного пункта.

а — горизонтальное, *б* — вертикальное расположение гидрофонов.

Для определения места и глубины погружения поплавка с одной точки при достаточной длине судна (свыше 80 м) оно должно быть оборудовано тремя гидрофонами, опущенными с носа, середины и кормы на одинаковом расстоянии друг от друга. Если наблюдения производят с судов малых размеров, три гидрофона располагают вертикально на равном расстоянии друг от друга, опуская их на донном тросе с кормы судна до глубины 50—100 м, а четвертый — с носа. К кабелю с гидрофонами, выпускаемыми вертикально, подвешивают тяжелый груз, чтобы избежать значительного отклонения их от вертикали.

Последовательность наблюдений следующая: включают гидрофоны на носу и корме и определяют пеленг на поплавок нейтральной плавучести. Затем, удерживая судно на этом курсе, включают гидрофоны *1* и *2*. Зная расстояние между гидрофонами и время

прохождения импульса между ними, определяют по осциллографу разницу во времени Δt_1 прохождения импульса от буя до гидрофонов *1* и *2*. Получив Δt_1, определяют угол между линией, соединяющей гидрофоны, и направлением хода импульса по формуле

$$\cos\alpha_1 = \frac{\Delta t_1}{b}. \qquad (18.17)$$

Затем включают гидрофоны *2* и *3* и таким же образом определяют угол α_2 по формуле $\cos\alpha_2 = \frac{\Delta t_2}{b}$. Зная два угла α_1 и α_2 и время прохождения импульса между гидрофонами, определяют расстояние между судном и поплавком нейтральной плавучести по формуле

$$l = \frac{b\sin\alpha_2}{\sin(\alpha_1 - \alpha_2)} \qquad (18.18)$$

для горизонтально расположенных гидрофонов и по формуле

$$l_1 = \frac{b\sin\alpha_1}{\sin(\alpha_1 - \alpha_2)} \qquad (18.19)$$

для вертикально расположенных гидрофонов.

Зная l и угол α_1, определяют глубину h погружения поплавка по формуле

$$h = l\sin\alpha_1 \qquad (18.20)$$

для горизонтально расположенных гидрофонов и

$$h = l_1\cos\alpha_1 \qquad (18.21)$$

для вертикально расположенных гидрофонов.

Затем определяют горизонтальное расстояние D от поплавка до судна, которое равно

$$D = l\cos\alpha_1 \qquad (18.22)$$

для горизонтально расположенных гидрофонов и

$$D_1 = l_1\sin\alpha_1 \qquad (18.23)$$

для вертикально расположенных гидрофонов.

Полученное положение поплавка нейтральной плавучести наносят на планшет. Наряду с графиком перемещения поплавка нейтральной плавучести в горизонтальной плоскости строят также и график перемещения его в вертикальной плоскости, так как эти движения могут быть значительными.

Запас питания рассчитан на непрерывную работу в течение двух с половиной суток, так как при большой продолжительности дрейфа поплавок, как правило, теряется.

Глава 19. ПОНЯТИЕ ОБ АВИАЦИОННЫХ МЕТОДАХ НАБЛЮДЕНИЙ ЗА ТЕЧЕНИЯМИ

Разработанные методы наблюдений с самолета дают возможность получать практически синхронную картину распределения течений на значительных акваториях. Это существенно расширяет возможность изучения динамики вод отдельных районов. Особенно эффективно применение авиаметодов в сочетании с судовыми и автономными измерениями; в этом случае получают наиболее полную картину течений и их изменений во времени и пространстве.

В настоящее время используются два метода наблюдений за течениями с самолета — метод маршрутной аэрофотосъемки с фотограмметрическим способом вычисления векторов течений и метод с радиогеодезическим их определением.

Оба метода сводятся к двухкратной или многократной аэрофотосъемке, маркированной поплавками, водной поверхности и определению координат поплавков [1]. В первом случае производится фотограмметрическая привязка поплавков к берегу или каким-либо другим неподвижным объектам, во втором — радиогеодезическое определение координат поплавков.

Таким образом, определив плановое положение идентичных поплавков на аэроснимках двух, трех или большего числа залетов, выполненных через установленный промежуток времени, т. е. зная в конечном итоге длину пути перемещения поплавков и время этого перемещения, можно судить о средней скорости течения и его направлении. Ниже дается краткое описание методов, которые более подробно изложены в «Руководстве по применению аэрометодов в океанографии» [156].

19.1. Описание методов

Маршрутная аэрофотосъемка течений. Разработаны четыре варианта измерения течений в море методом маршрутной аэрофотосъемки.

Аэрофотосъемка поплавков с непосредственной привязкой к берегу каждого снимка. При этом способе поплавки разбрасываются в прибрежной полосе такой ширины, чтобы на каждом снимке получить изображение поплавков и берега (рис. 19.1).

В этом случае течение определяют непосредственно по изменению положения поплавка относительно берега на двух последовательных во времени снимках. В зависимости от масштаба съемки для разработанного типа поплавков этот способ позволяет определять течения в прибрежной полосе шириной 2—3 км. При фотограмметрической обработке этот способ определения течений

[1] Кроме указанной искусственной маркировки поплавками, сбрасываемыми с самолета или судна, используется естественная маркировка водных масс (характерные плавучие льдины, различные формы образования мутности в прибрежной зоне моря и устьях рек).

наиболее прост и вместе с тем наиболее точен. Погрешность измерений не превышает 5% измеряемого вектора скорости течений.

Аэрофотосъемка маршрутов поплавков с привязкой к берегу одного конца маршрута (так называемые висячие маршруты). Поплавки разбрасываются от берега в море по заранее определенному маршруту. При аэрофотосъемке изображение берега попадает лишь на первые один—два кадра фильма. Для привязки к берегу всего маршрута производится монтаж по изображениям поплавков на перекрытой части аэроснимка. Длина такого висячего маршрута не должна превышать 8—10 км. Увеличение маршрута приведет к тому, что результаты измерения течений на его свободном конце будут получены с ошибкой, превышающей 20% измеряемой величины.

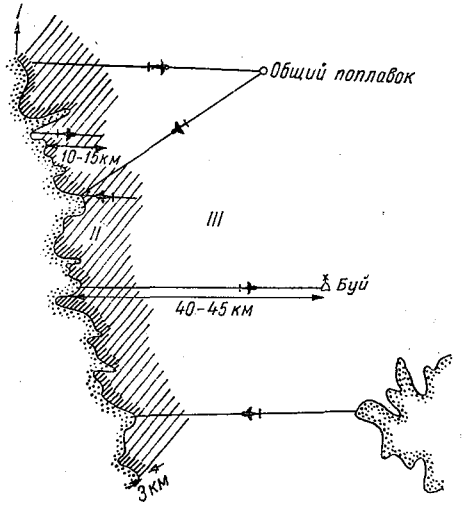


Рис. 19.1. Схема расположения зон измерения течения при различных способах маршрутной аэрофотосъемки.

Аэрофотосъемка маршрутов поплавков с привязкой к неподвижным объектам обоих концов маршрута (замкнутые маршруты). В качестве неподвижных точек используют противоположные берега пролива или залива, буи и суда, стоящие на якоре, а также специальные якорные буйки с красителем, сбрасываемые с самолета в конце маршрута.

Аэрофотосъемка производится таким образом, чтобы на первый кадр фильма вместе с изображениями поплавков попало изображение берега, а на последний кадр — изображение второй неподвижной точки. Привязка всех остальных поплавков осуществляется с помощью монтажа.

Маршрут, оба конца которого привязаны к неподвижным объектам, может прокладываться не только от берега в море, но и между двумя неподвижными объектами в море. Длина маршрута не должна превышать 40—45 км, что дает возможность определять течение с точностью не ниже 20% измеряемой величины в середине маршрута и 3—5% в начале и конце.

Аэрофотосъемка маршрутов поплавков со способом привязки, названным трилатерационным. Суть его состоит в том, что из разных пунктов берега в одну и ту же точку моря прокладываются два маршрута таким образом, что они как бы образуют две стороны треугольника, в вершине которого находится общий для них поплавок (маркировочное пятно при этом рекомендуется иметь

бо́льшим, чем от одиночного поплавка). Берег является третьей стороной треугольника.

Аэрофотосъемка производится так, чтобы изображение общего для обоих маршрутов поплавка попало на последние кадры фильма первого маршрута и первые кадры фильма второго маршрута. Это позволяет после проведения монтажа обоих маршрутов фотограмметрическим способом определить координаты общего поплавка и рассчитать характеристики течения на протяжении первого и второго маршрутов.

Если требуется получить более детальную картину распределения течений на какой-либо площади, то можно внутри треугольника проложить третий маршрут, который также будет опираться на берег и общий для всех маршрутов поплавков в вершине треугольника.

При необходимости получения картин течений на большей площади можно проложить маршруты в виде двух треугольников. Длина маршрутов при трилатерационном способе привязки должна быть примерно такой же, как в случае привязанного маршрута (30—40 км). Но преимущество этого способа перед предыдущим заключается в том, что он не требует создания в море искусственной неподвижной точки и тем самым удешевляет работы и упрощает их организацию.

Аэрофотосъемка течений ограничивается главным образом высотой облачности, условиями освещения (оно должно быть достаточным для получения изображения поплавков), высотой Солнца (при больших высотах Солнца из-за бликов не будут видны поплавки), состоянием поверхности моря (не свыше 5—6 баллов). Только при таких условиях поплавки различаются на снимках.

Радиогеодезический метод. При использовании радиогеодезического метода на двух или нескольких последовательных во времени плановых аэрофотоснимках получают изображения одних и тех же поплавков. Их положение определяется относительно главной точки снимка, координаты которой считаются совпадающими с координатами самолета в момент фотографирования и определяются методами радиогеодезии.

В СССР наиболее распространены 3 радиогеодезические системы: РГСЦ (на принципе радиолага), «ПОИСК» (на принципе фазового зонда) и РЫМ (импульсный радиодальномер).

РГСЦ дает возможность выполнения радиогеодезических определений положения самолета на удалении до 200 км, но требует привязки начальной точки и непрерывной работы всех станций при движении самолета по маршрутам между опорными пунктами (маршруты должны прокладываться). Измерение координат производится с точностью ±10 м.

«ПОИСК» обеспечивает измерение положения самолета при удалении от береговых станций до 400 км. С помощью «ПОИСКА» можно определить местоположение нескольких самолетов. Но также необходима привязка начальных точек и непрерывная работ

всех станций системы на протяжении всего полета по маршрутам. Точность определения текущих координат самолета ±10 м.

РЫМ является системой ближнего действия. Работает только в условиях прямой видимости. В этом недостаток этой системы. Достоинством же ее является возможность работы с перерывами, без привязки в начале и конце маршрута. Точность определения координат ±15 м.

Для обеспечения наблюдений радиогеодезическими измерениями на самолете и суше должны быть установлены совместно работающие станции.

Выбор мест установки базисных (береговых) станций производится с учетом требований аэрофотосъемки, а также радиогеодезических, геоморфологических и организационных факторов.

Для устойчивой работы каждой из систем необходимо, чтобы на пути прохождения радиоволн от самолета до наземных станций и на линиях связи между наземными станциями не было препятствий.

В системе «ПОИСК» центральную станцию располагают между боковыми. Ретрансляционную станцию следует располагать в наиболее возвышенной части участка, не далее чем в 150 км от центральной и боковых станций. Береговые станции по возможности следует размещать ближе к морю, на возвышенностях или мысах для беспрепятственного прохождения радиоволн над морем.

Угол между базисами (расстояниями между базисными станциями) должен быть от 60 до 140°. Для повышения точности радиоизмерений этот угол должен быть близок к прямому.

Для РГСЦ и РЫМ углы засечки, образуемые направлениями с береговых станций на самолетную, должны быть в пределах 30—150°.

При работе радиогеодезических систем следует учитывать, что вокруг наземных станций имеется некоторая зона, в которой радиоизмерения производить нельзя. Для «ПОИСКА» радиус этой зоны составляет 15 км, РГСЦ — 10 км, РЫМ — 50 км.

При работе системой РГСЦ непрерывно измеряются приращения расстояний от самолета (выраженные в фазовых циклах) до 3-х наземных (базисных) станций с известными координатами. При работе «ПОИСКОМ» измеряются приращения разностей расстояний от самолета до береговых станций, выраженные также в фазовых циклах.

РЫМ используется для непосредственного измерения расстояний по времени прохождения импульса от передающей станции до отражающей и обратно.

В случае работы РГСЦ и «ПОИСКА» регистрацию фазовых циклов производят обязательно на протяжении всего маршрута с самого начала и до конца работы. Для РЫМ это условие можно не соблюдать. В момент сброса поплавков, а также их аэрофотосъемки производятся соответствующие отметки на фазограммах и лентах записи показаний РГСЦ.

19.2. Необходимое оборудование и приборы

При использовании обоих методов приходится прибегать к маркировке водной поверхности.

Маркировочные средства должны удовлетворять следующим условиям:

1) перемещаться только вместе со слоем воды, движение которого измеряется;

2) создавать марку, размеры и цвет которой позволяют произвести ее фотографирование в масштабе 1 : 500 — 1 : 20 000 и визуально наблюдать с самолета, с высоты фотографирования;

3) иметь минимальный вес и габариты;

4) быть безопасными в обращении;

5) выдерживать удар о воду при сбрасывании с самолета, летящего со скоростью не меньше 200 км/ч;

6) сохраняться на поверхности длительное время;

7) стоить по возможности дешево.

Всем этим требованиям отвечают специально изготавливаемые поплавки.

Отдельный поплавок представляет собой мешочек из плотной ткани размером 11×7 см, наполненный определенным количеством красителя (уранина), обеспечивающим живучесть поплавка в течение времени, необходимого для фотографирования. Обычно 20—25 г. уранина хватает на 1,5 ч. В мутных, загрязненных водах количество красителя должно быть больше. Для обеспечения плавучести в мешочек вместе с красителем помещается небольшой кусок пенопласта. Размеры его также рассчитываются, исходя из удельного веса.

К мешочку с помощью капроновой нити диаметром около 1 мм и длиной, зависящей от толщины измеряемого слоя (обычно 2—3 м), крепится демпфер в виде жестяной пластинки прямоугольной формы (обычно размеры и форма демпфера одинаковы с размерами и формой мешочка). Перемещение поплавка происходит приблизительно со средней скоростью течения слоя, определяемого длиной нити, при этом оценивается погрешность за счет влияния ветрового дрейфа.

Аэрофотосъемка поплавков должна производиться аэрофотоаппаратами, желательно с различными фокусными расстояниями (чтобы производить съемку при наличии облачности даже нижнего яруса). На борту самолета (как правило, это специально оборудованные самолеты Ил-14 или Ан-24) должны быть радиовысотомер с фоторегистратором и навигационные прицелы и визиры (ОПБ-1, ОПБ-2 или НКПБ-7).

Так как поплавки в воде дают яркий изумрудный шлейф, то съемку поплавков следует производить на изохроматических пленках РФ-3 и АС-1, желательно с зеленым светофильтром.

Радиогеодезическая аппаратура. Комплект РГСЦ состоит из одной самолетной станции и 2-х береговых (рис. 19.2).

Самолетная радиостанция (РС-3) включает в себя передатчик, приемник, рассчитанный на одновременный прием двух частот

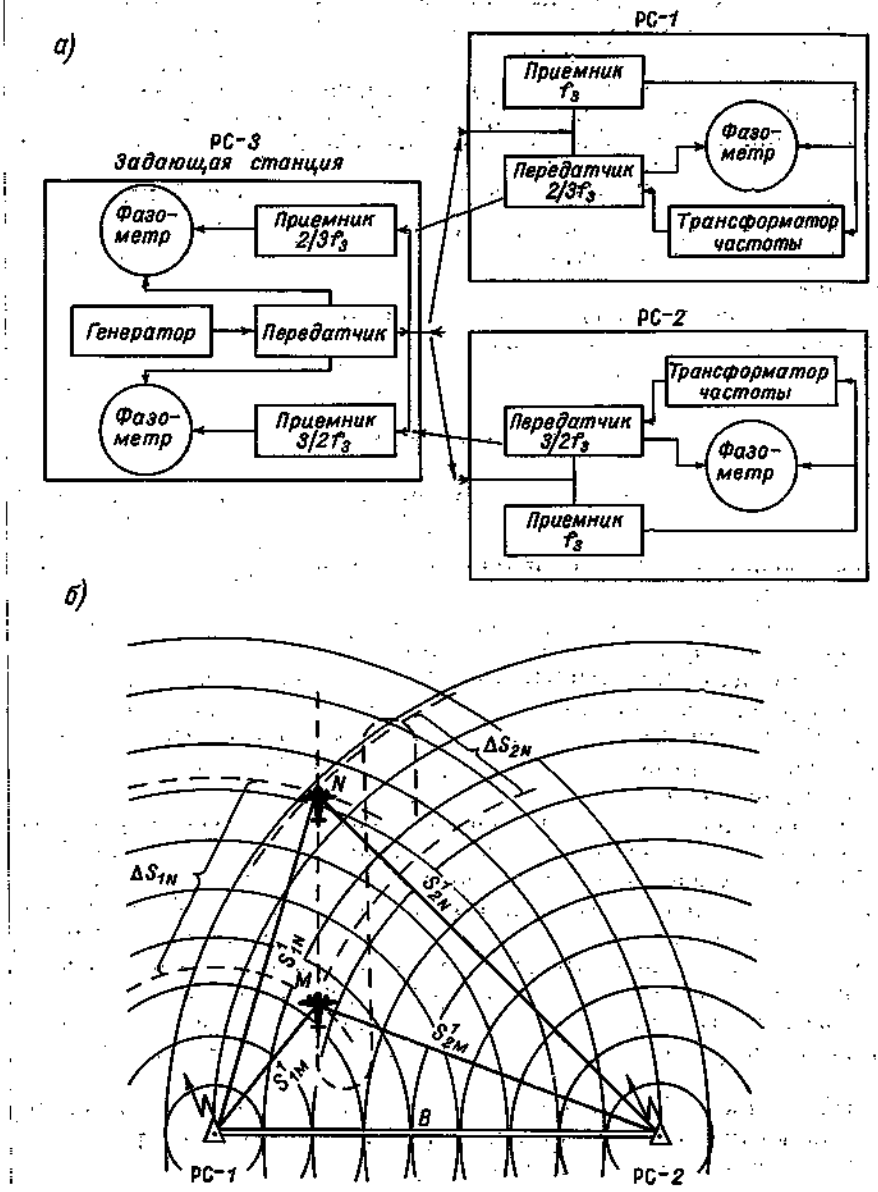


Рис. 19.2. Система РГСЦ.

а — блок-схема, *б* — схема определения координат самолета (*B* — базис системы).

и f_2, фазовый счетчик с фоторегистратором и антенное устройство. Потребляемая мощность 100 Вт. Антенное устройство

состоит из четырехлучевой передающей зонтичной и приемной выпускной антенны.

В комплект аппаратуры каждой из береговых станций (РС-1, РС-2) входит: приемник, передатчик, приемник для связи, система питания, антенное устройство.

Передатчик самолетной станции непрерывно излучает электромагнитные колебания на частоте f_3, которые принимаются береговыми станциями и трансформируются в отношении $^3/_2$ и $^2/_3$, т. е. $f_1=\frac{3}{2}f_3$, $f_2=\frac{2}{3}f_3$. Затем эти колебания частот f_1 и f_2 излучаются береговыми станциями и принимаются самолетной радиостанцией с приращением фазы ($\Delta\varphi$), зависящим от пройденного волной расстояния.

Расстояние S от наземных станций до точки N (текущее положение самолета) находится из выражений:

$$S_1'=S_{1M}+K_1\Delta\varphi_1,$$

$$S_2'=S_{2M}+K_2\Delta\varphi_2,$$

где $K_1=\frac{V}{4\left(\frac{3}{2}\right)f_3}$ и $K_2=\frac{V}{4f_3}$ — линейные коэффициенты системы, позволяющие перейти от приращений фазовых циклов к приращениям расстояний.

Счет разностей фаз $\Delta\varphi_1$, $\Delta\varphi_2$, выраженных в фазовых циклах, осуществляется при помощи фазового счетчика.

В комплект РГС «ПОИСК» входят 4 береговых и одна самолетная радиостанции. Три береговые станции передающие, две из них (РС-1 и РС-2) называются боковыми, третья (РС-3) — центральной, четвертая береговая станция (РС-4) — приемопередающая ретрансляционная.

Аппаратура самолетной станции, называемой фазовым зондом, включает в себя приемник, рассчитанный на раздельный прием колебаний двух частот, непрерывно излучаемых РС-1 и РС-2, фазовый счетчик с регистратором, антенное устройство. Общая потребляемая мощность станции вместе с регистратором 270 Вт. Центральная радиостанция РС-3 попеременно излучает электромагнитные колебания двух различных стабильных частот f_1 и f_2.

Две боковые станции независимо от центральной излучают незатухающие колебания с частотами $f_1+\Delta f_1$, $f_2+\Delta f_2$, близкими к f_1 и f_2.

Излучение центральной станции и двух боковых принимается приемниками как самолетной, так и ретрансляционной станции.

Ретрансляционная станция принимает также береговые станции.

В РС-4 из принятых колебаний от РС-1, РС-2 и РС-3 с помощью низкочастотных фильтров выделяются колебания разностных частот Δf_1 и Δf_2. Выделенные колебания разностных частот передаются на несущей частоте F и принимаются самолетной станцией

В фазовом зонде колебания частот Δf_1 и Δf_2 сравниваются с колебаниями, переданными с ретрансляционной станции. Результаты записываются регистратором фазовых циклов на фазограмму. Момент фотографирования отмечается на фазограмме особым знаком.

Разность фаз сравниваемых колебаний зависит от разности расстояний, пройденных радиоволнами между береговыми станциями и самолетом.

Разности расстояний от береговых базисных станций до самолетной в точке N, позволяющие определить координаты этой точки, находятся по формулам:

$$S_3' - S_1' = (S_{3M}' - S_{1M}') + K_1 \Delta\varphi_1,$$
$$S_3' - S_2' = (S_{3M}' - S_{1M}') + K_2 \Delta\varphi_2,$$

где K_1 и K_2 — линейные коэффициенты системы, позволяющие перейти от приращений разностей фазовых циклов к приращению разностей расстояний.

Система РЫМ состоит из двух береговых станций и одной самолетной.

Аппаратура самолетной станции состоит из передатчика, приемника, антенного устройства, пульта управления, генератора пусковых импульсов, импульсного модулятора и регистратора показаний системы — индикатора расстояний.

Потребляемая мощность 50 Вт. Самолетная станция попеременно посылает каждой береговой станции импульсы на определенной волне с интервалом в 1 мкс. Каждая береговая станция воспринимает свой импульс, ретранслирует и посылает его обратно, но уже на одинаковой волне, так как на самолетной станции имеется один приемник. Изображения ответных импульсов, принимаемых самолетной станцией с береговых, получают на развертке совмещенными с передним фронтом отметочного импульса, т. е. со сдвигом во времени, зависящим от расстояния до соответствующей береговой станции.

Зная время t, необходимое для прохождения радиоимпульса туда и обратно, и скорость распространения радиоволн V, можно определить расстояние между самолетом и береговыми станциями, т. е.

$$S_1' = \frac{Vt_1}{2},$$

$$S_2' = \frac{Vt_2}{2}.$$

Самолетная станция имеет счетно-решающее устройство, в котором по времени t_1 и t_2 цифровые счетчики показывают расстояние от самолета до береговых станций с точностью до 1 м. Показания индикаторов расстояний в нужные моменты фиксируются при помощи фоторегистратора.

19.3. Производство наблюдений

Вид маршрутной аэрофотосъемки выбирают в зависимости от удаленности от берегов и морфометрии исследуемого района.

Наметив аэрофотосъемочные маршруты, определяют масштаб фотографирования и рассчитывают количество поплавков по соотношению

$$n = \frac{L}{l_m},$$

где n — количество поплавков, L — длина маршрута, m — знаменатель масштаба съемки, l — расстояние между изображениями поплавков на аэрофотоснимке.

Масштаб аэрофотосъемки выбирается с таким расчетом, чтобы изображения окрашенных пятен воды на аэрофотоснимках имели не менее 3 мм для точного дешифрования поплавков. В первых трех вариантах маршрутной съемки предпочтительнее наиболее мелкий возможный масштаб съемки, в варианте IV это дает меньший эффект.

Поплавки разбрасываются с интервалом, определяемым по формуле (при условии получения на снимке 5 поплавков)

$$\tau_c = \frac{l_c m}{5w},$$

где m — знаменатель масштаба, w — путевая скорость самолета, l_c — длина стороны снимка.

Фотографирование поплавков производится с интервалом

$$\tau = \frac{100 - p}{100} \frac{l_c m}{w},$$

где p — заданный процент продольного перекрытия снимков.

При аэрофотосъемке течений не предъявляется требование к строгой прямолинейности маршрута, так как поплавки под действием течения смещаются как по отношению с своему первоначальному положению, так и по отношению друг к другу. Однако предъявляются жесткие требования к выдерживанию параметров, которые служат для определения путевой скорости самолета, так как последняя определяет интервалы сброса и фотографирования поплавков.

Для измерения течений на больших удалениях от берега используется радиогеодезический метод.

Маршруты прокладываются, исходя из ожидаемого характера течений, особенностей работ по изучению течений с помощью радиогеодезических систем, фотографической живучести поплавков. Предварительно проверяется прохождение радиоволн от береговых станций до самолетной по номограмме (рис. 19.3). Производится рекогносцировочный полет, в котором проверяется совместная работа регистратора показаний радиогеодезической системы и всех станций. Особенно обращается внимание на работу радио-

геодезической системы на участках, наиболее удаленных от береговых станций. Если в записи измерений окажутся сбои, то на карте отмечают места с неудовлетворительной записью, после чего увеличивают высоту полета до получения удовлетворительной записи показаний РГС. Если над некоторыми участками необходимые высоты фотографирования превышают допустимое значение, то приходится либо переставлять береговые станции, либо исключать этот район съемки.

В рекогносцировочном полете фотографируются все необходимые опорные пункты, к которым производится радиогеодезическая привязка. Эти пункты фотографируют в масштабе в два раза крупнее масштаба основной съемки для лучшего опознавания их при обработке наблюдений.

При работе любой из трех систем по каждому маршруту обычно выполняются три полета на высоте, обеспечивающей дальность действия радиогеодезической системы, т. е.

$$S'_{макс}=3{,}87\,(\sqrt{H_с}+\sqrt{H_б}),$$

где $S_{макс}$ — дальность действия системы, км; $H_с$ — высота самолетной станции, м; $H_б$ — высота береговой станции, м.

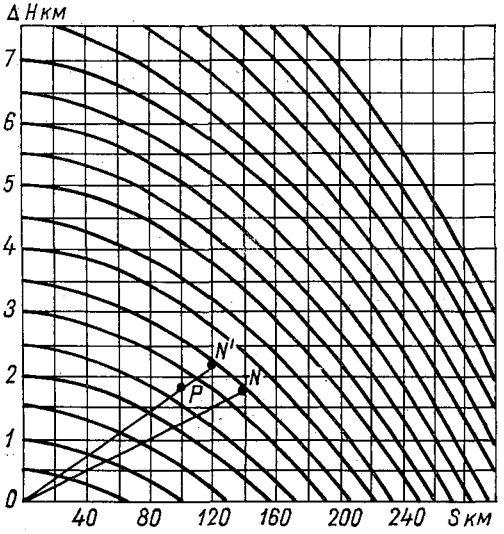


Рис. 19.3. Номограмма определения дальности прямой видимости.

При работе «ПОИСКОМ» РГСЦ маршруты привязываются к опорным пунктам. Использование висячих маршрутов в виде исключения допускается при условии, что получена доброкачественная запись приращений фазовых циклов без помех или пропусков.

За время первого полета осуществляется сброс поплавков (с малых высот во избежание их значительного сноса ветром) таким образом, чтобы на каждом аэроснимке получить изображение 5—6 поплавков. Во время остальных полетов производится фотографирование поплавков.

Во избежание холостых полетов полеты рекомендуется осуществлять по замкнутым полигонам. Общая длина замкнутых маршрутов по полигону должна быть такой, чтобы время, необходимое для сбрасывания поплавков и последующего последовательного фотографирования, было меньше фотографической живучести поплавков.

После окончания работ по сбросу поплавков самолет направляется к началу залета, откуда через заданный интервал времени

производится два или более следующих друг за другом полетов для выполнения съемки поплавков.

Во время аэрофотосъемки ведется журнал. Регистрация показаний радиогеодезических станций должна быть строго синхронизирована с моментом экспозиции снимков.

Съемка течений с использованием системы «ПОИСК» может производиться также и двумя самолетами. В этом случае сокращается время на аэрофотосъемку: 1-й самолет летит по маршрутам, с него сбрасываются поплавки и определяются координаты мест сбрасывания; 2-й самолет летит по тем же маршрутам через заданный интервал времени, производит фотографирование и одновременно определяет координаты центров проекций снимков.

19.4. Обработка наблюдений

После окончания съемочных работ производится фотолабораторная обработка аэрофильмов, пленок регистрации высотомера. При радиогеодезической привязке обрабатываются результаты радиогеодезических измерений.

После проявления кадры фильмов нумеруются. Нумерация производится черной тушью зеркальным шрифтом на эмульсионной стороне негатива. Каждому фильму присваивается свой шифр-номер, на негативах указывается дата съемки.

Например, если съемка производилась на Каспийском море, номер фильма 8, номер кадра 76, дата съемки 21 сентября 1972 г., то на кадре пишется $\frac{\text{КМ-8-76}}{\text{21 IX 72}}$.

Соответственно нумеруются пленки радиовысотомера. На каждый фильм отдельно составляется паспорт, где рисуется схема залетов самолета и стрелками указывается их направление.

В соответствии с качеством полученного материала по каждому залету производится отбор годных для монтажа фильмов. Для этого необходимо, чтобы на каждом кадре было не менее двух изображений одних и тех же поплавков. В отдельных случаях можно принять к обработке и те фильмы, у которых на площади взаимного перекрытия смежных аэрофотоснимков было получено изображение только одного поплавка.

В виде исключения иногда допускается отсутствие изображения поплавков. В этом случае фильм пригоден для обработки (для получения приближенных сведений о течениях), когда на смежных кадрах есть повторяющиеся изображения просвечивающего дна рыбацких сетей, хорошо заметных полос раздела воды. После этого поплавки нумеруются. Для этого негативы аэрофотосъемок I и II маршрутов на светокопировальном столе кладутся параллельно друг к другу и на каждом из негативов одинаковыми номерами отмечаются одни и те же поплавки. Номера поплавков пишутся черной тушью на эмульсионной стороне фильма зеркальным шрифтом. Недостаточно четкие изображения поплавков поднимаются тушью, или накалываются.

После нумерации поплавков на фильмах монтируются марш-
уты. Для этого фильмы кладут на светокопировальный стол
мульсионной стороной вниз таким образом, чтобы изображения
ровня и часов на негативе находились в верхней части кадра.
Затем на кальку переносятся изображения неподвижных объектов
начале и конце маршрута, а также изображения всех поплав-
ов всех залетов, последовательно совмещая изображения поплав-
ов на перекрытых частях снимков. При монтаже по возможности
адо использовать поплавки, расположенные ближе к центру
нимка. Если несовпадение поплавков в перекрывающихся частях
вух соседних аэрофотоснимков оказывается существенным вслед-
твие большой разномасштабности, то монтаж маршрута про-
зводят на фототрансформа-
оре.

После составления калек
онтажа приступают к опреде-
ению векторов течений. Для
того соединяют стрелками по-
лавки с одинаковыми номе-
ами.

Стрелки должны быть на-
равлены от поплавка 1 залета
поплавкам последующих за-
етов.

Методика определения век-
оров течений будет несколь-
о отличаться в зависимости
т способа привязки марш-
ута.

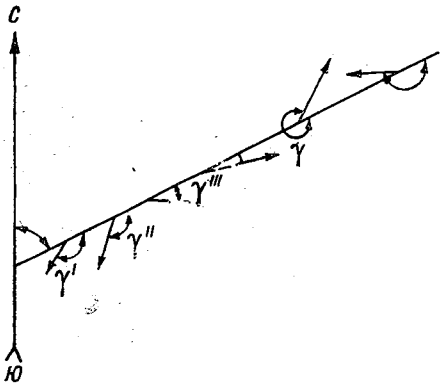


Рис. 19.4. Определение направления течения.

После получения векторов течений на кальках монтажа марш-
утов вычисляют скорость течения по каждому вектору и опреде-
яют его направление (азимут). Скорость течения вычисляют по
ормуле

$$V=\frac{S}{\Delta t},$$

де S — путь поплавка, Δt — разность между временем аэрофото-
ъемок I и II.

Для определения пути поплавка S измеряют длину вектора на
альке S и полученное число умножают на знаменатель масштаба
эрофотосъемки m, определенный по показаниям радиовысотомера.
азность между временем начала двух последовательных съемок
сть Δt, которая будет одинаковой для всех поплавков данного
аршрута, так как во время съемки самолет летит практически
постоянной скоростью. Предполагается, что фотографирование
роизводится при одинаковых курсах полета. Разность времени
нимается с изображения часов на кадрах фильма с изображением
дентичных поплавков.

Направление каждого вектора определяется как сумма истин-
ого путевого угла полета самолета A (направление линии полета)

и угла вектора от линии полета, изображенной на кальке (γ). Последний отсчитывается по часовой стрелке от линии полета.

Окончательно $A_т = A + \gamma$ (рис. 19.4)

После определения скорости и направления течения находя истинное местоположение точки, в которой измерено это течение Для этого на кальке монтажа маршрута измеряют расстояние о берега до каждого из векторов течения. Затем полученное числ умножают на знаменатель масштаба аэрофотосъемки.

Затем составляются схемы течений исследуемого района в нуж ном масштабе (рис. 19.5). В случае применения радиогеодези также производится оцифровка фазограмм (показаний РГС

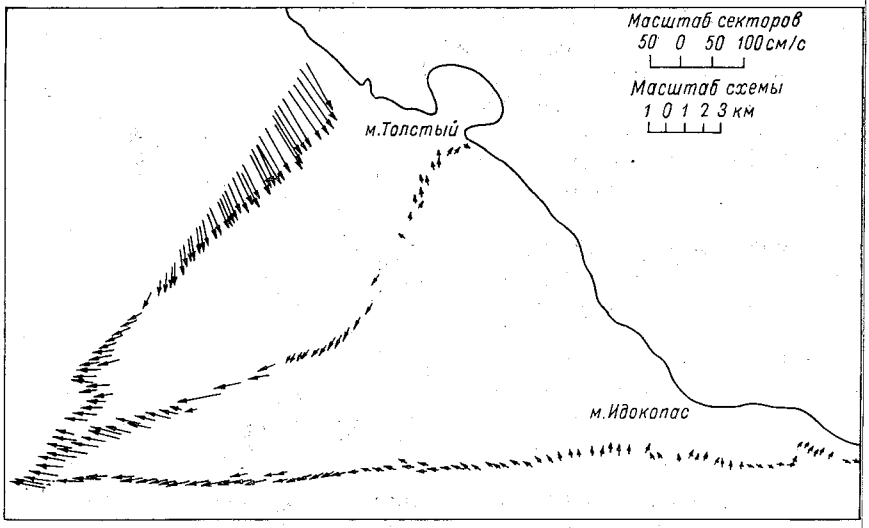


Рис. 19.5. Схема поверхностных течений, полученная методом маршрутной аэрофотосъемки 25 октября 1961 г. у Черноморского побережья Кавказа.

«ПОИСК») или пленок РГСЦ по каждому каналу, при этом тща тельно сверяются и увязываются материалы аэрофотосъемки результаты радиогеодезических измерений. Оцифровка произво дится от начала записи и ведется до конца записи на маршрут с учетом знака прекращений (рис. 19.6). В начале записи всегд указываются дата полета, шифр, средняя высота фотографирова ния. На фазограммах, кроме подсчитанных фазовых цикло (оцифровываются целые десятки), также обозначаются номер аэронегативов против соответствующих отметок на записи.

При неудовлетворительной записи показаний РГС съемка те чений повторяется.

При использовании системы РЫМ наряду с фотографированием отсчетов ведется бортовой журнал, куда записываются отсчеты снимаемые визуально.

В результате предварительной камеральной обработки мате риалов получают:

1) аэрофильмы;
2) паспорта на каждый аэрофильм;
3) пленки радиовысотомера;
4) пленки или фазограммы показаний радиогеодезических систем;
5) паспорта радиоизмерений;
6) отчет по радиогеодезическим измерениям.

К отчету прилагаются:
1) отчеты руководителя съемок по летно-съемочным дням;
2) копии донесений штурмана-съемщика;

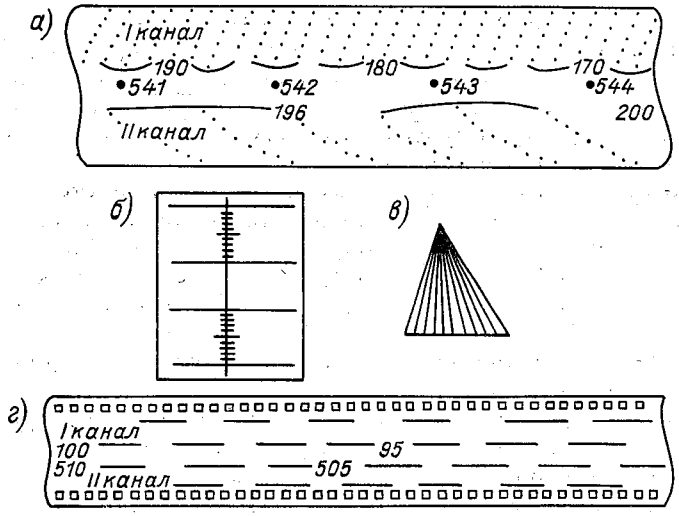


Рис. 19.6. Фазограмма системы «ПОИСК» (*а*), палетки для снятия отсчетов на фазограмме (*б*) и фотопленке (*в*) и пленка регистрации показаний РГСЦ (*г*).

3) отчет о контроле радиогеодезических измерений;
4) дневники начальников радиостанций; руководителя работ.

По результатам радиогеодезических измерений вычисляются координаты главных точек снимка и мест сброса поплавков.

Средняя квадратическая ошибка в определении местоположения поплавка составляет 15—20 м.

Координаты центров проекции снимков можно по разработанным программам вычислять на ЭВМ.

Глава 20. ОКЕАНОГРАФИЧЕСКИЕ НАБЛЮДЕНИЯ ПРИ ПОМОЩИ АВТОНОМНЫХ БУЙКОВЫХ СТАНЦИЙ

20.1. Введение

Автономные буйковые станции (АБС) в настоящее время применяются главным образом для измерения течений и температуры воды, но с их помощью также могут проводиться наблюдения и

за другими океанографическими элементами, в зависимости о применяемых приборов-самописцев, и в частности комплексны прибором АЦИТТ (см. п. 21.4).

Наблюдения за различными океанографическими характери стиками с помощью автономных станций являются важным и пер спективным разделом морских экспедиционных работ, поскольк они дают лучшее приближение к стационарному положению при боров в точке по сравнению с их положением при наблюдения с заякоренного или дрейфующего судна. Однако этот вид наблю дений не лишен еще ряда недостатков, связанных с собственны движениями буя на якоре под воздействием волнения, течения ветра, а также приближенным расчетом нагрузок на элемент буйковой станции. Конструктивные недостатки приборов-самопис цев и несовершенство их датчиков также существенно отражаютс на качестве наблюдений, получаемых на автономных буйковы станциях: например, БПВ-2р в слое, захваченном волнением, даю недопустимые погрешности [141].

Для устранения вышеуказанных недостатков ведутся поисковы и исследовательские работы в следующих направлениях.

1. Изыскание наиболее подходящих форм буев, которы были бы более устойчивы на ветровом волнении (тороидальные дискообразные, веретенообразные буи с демпферами и стабилиза торами).

2. Создание притапливаемых буев из прочных материалов, спо собных выдерживать значительное давление.

3. Улучшение элементов буйковых станций путем применени и введения в их конструкцию новых узлов, таких как дистанцион ные акустические размыкатели троса, сигнальная аппаратура, ди намометры, применение некоррозирующихся и нескручивающихс тросов крестовой свивки и т. п.

4. Конструирование новых и модернизация старых приборов самописцев с целью увеличения времени автономного действи приборов, возможности установки заданной дискретности наблюде ний, регистрации и накопления полезных сигналов в форме, поз воляющей вводить их непосредственно в ЭВМ для оперативной окончательной обработки.

Эти исследования находятся в стадии разработки и испытания Следует рекомендовать также использование готовых и опробо ванных узлов из других областей техники, таких как тральные буи автоматические редукторы и т. п.

Представляется, что в ближайшее десятилетие методика произ водства наблюдений с помощью автономных буйковых станци существенно изменится. Наблюдения будут осуществляться с по мощью притопленных буйковых станций, обеспечивающих боле стабильное положение приборов в точке измерений. Будут при меняться комплексные измерители нескольких океанографически характеристик (типа АЦИТТ).

20.2. Общие рекомендации по постановке буйковых станций

Постановка и подъем АБС должны производиться с судов, приспособленных для этих работ, обеспеченных подъемными механизмами.

Способы постановок автономных буйковых станций могут существенно отличаться друг от друга в зависимости от имеющегося оборудования и условий постановки буйковых станций. В каждом случае схему буйковых станций, такелаж и порядок проведения работ следует выбирать, сообразуясь с возможными реальными условиями. Далеко не всегда можно располагать тросами, буями и другим оборудованием, строго соответствующим рекомендованным. Суда, с которых осуществляются постановки буйковых станций, не всегда удовлетворяют всем требованиям. Готовясь к постановке автономной буйковой станции, надо, помимо учета приведенных рекомендаций, руководствоваться конкретными условиями производства наблюдений и тщательно продумать весь процесс работы от постановки до снятия станции.

Основные технические характеристики буйковых станций

	ГМ-46	ГМ-47	ГМ-48	ГМ-49	ГМ-50	ГМ-51
Грузоподъемность, кг	175	300	550	1000	1500	2300
Масса буя, кг	150	170	200	410	540	610
Масса снаряженного буя, кг	180	200	230—250	460	590	675
Диаметр буя, м	0,65	0,65	0,65—1,0	1,0	1,0	1,0
Длина буя, м	2,6	2,9	3,6—3,4	2,9	3,5	4,2
Длина буя с мачтой, м	6,3	6,6	6,5—7,1	8,2	8,8	9,5
Высота нока мачты над поверхностью воды, м	4,3	4,3	4,3	5,6	5,6	5,6
Комплектация буйковых станций						
Электромаяк, комплект	1	1	1	1	1	1
Радиолокационный отражатель, шт.	1	1	1	1	1	1
Радиомаяк [1], комплект	—	—	1	1	1	1
Кронштейн, шт.	6	6	6	6	6	6
Тросовый зажим для сращивания тросов, шт.	20	20	20	20	20	20
Зажим для сопряжения троса с цепью, шт.	4	4	4	4	4	4
Вертлюг, шт.	3	3	3	3	3	3
Скобы винтовые, шт.	10	10	10	10	10	10
Канифас-блок ширококитный [1], шт.	2	2	2	2	2	2
Канифас-блок ширококитный со счетчиком [1], шт.	1	1	1	1	1	1
Сегментный якорь массой 100 и 200 кг, шт.	2/1	2/1	2/1	2/1	2/1	2/1
Цепи концами 2 и 5 м, шт.	3/1	3/1	3/1	3/1	3/1	3/1

[1] Поставляются по требованию заказчика.

Пенопластовый буй изготовляется из кругов пенопласта ПС с удельным весом 0,15—0,20, собранных на стальной трубе, несущей вес нагрузки на станцию.

Буи ГМ-46 и ГМ-47 используются также в качестве сигнальных вех для обозначения места. Их используют и при установке приборов на дне.

Основное оборудование стандартной автономной буйковой станции для океанических глубин

Поддерживающий буй типа ГМ-51 с мачтой, грузоподъемностью 2300 кг, шт.	1
Уголковый отражатель, шт.	1
Герметический сигнальный светильник с герметическим источником тока, шт.	1
Отрезки цепи диаметром звена 11—11,5 мм, длиной 1 м, шт.	2—3
Шарикоподшипниковые вертлюги для нагрузки от 2 до 5 т, шт.	3—6
Набор тросов диаметром от 6 до 11 мм, м	6000—10 000
Набор коушей, шт.	20
Якоря адмиралтейские массой 200 кг, шт.	2
Якоря донные сегментные массой 50—100 кг, шт.	5
Кронштейны для крепления приборов к тросу, шт.	до 15
Канат манильский диаметром 50 мм, м.	50
Буй опознавательный (Хлебчика), шт.	1
Набор такелажных скоб для нагрузки от 1 до 5 т, шт.	20
Стопоры для троса, шт.	2
Приборы самописцы: БПВ, ФТГ, АЦИТТ и др., шт.	10—20

Выбор типа буйковой станции, ее снаряжения и такелажа определяется глубиной места постановки и удаленностью его от берегов, гидрометеорологическими условиями района постановки предполагаемой продолжительностью работы станции, интенсивностью судоходства. Из гидрометеорологических условий учитываются прежде всего волнение, ветер, наибольшие возможные скорости течений и ледовые условия, представляющие собой в ледовитых морях наибольшую угрозу безопасности автономных станций, имеющих надводные поддерживающие и сигнальные буи.

В практике может встретиться необходимость поставить буйковую станцию с самых различных судов, начиная с малых и кончая крупным, специально оборудованным судном.

Оборудование судна для постановки и подъема буйковых станций независимо от его размеров как минимум состоит из: 1) лебедки (удобнее работать с двумя лебедками); 2) эхолота; 3) стрелы или кран-балки; 4) канифас-блоков ширококипных, через которые будут проходить все соединения такелажа. Количество канифас-блоков определяется взаиморасположением лебедки и стрелы; 5) канифас-блока с блок-счетчиком (также ширококипного). Этот блок крепится на ноке стрелы, рядом со штатным блоком грузового шкентеля; 6) роульсов, устанавливаемых на планшире рабочего борта. Удобно иметь два роульса (особенно при постановках без кран-балки); 7) «уток» (2—3 шт.), способных выдержать вес буйковой станции («утки» должны быть

установлены вдоль рабочего борта); 8) вьюшек электрических или ручных для запасов троса.

Из числа применяемых лебедок наиболее удобной является траловая. Эта лебедка имеет две турачки и два барабана, на которые можно набрать количество троса, достаточное для постановки буйковой станции на океанских глубинах.

Мощность лебедки и грузоподъемность ее желательно иметь такими, чтобы поднять буйковую станцию, установленную на глубине 6000 м при скоростях течения до 1,5 м/с. Расчеты показывают, что грузоподъемность 3—5 т и мощность 20—30 кВт отвечают этим условиям и обеспечивают возможность подъема станции со скоростью до 3 м/с. Желательно иметь на лебедке не меньше трех скоростей в пределах от 0,25 до 3—4 м/с.

На судне нужно иметь свободный участок палубы вдоль борта, с которого производится постановка, а также места для буев, якорей и такелажа буйковой станции. Тяжеловесное снаряжение станции нужно располагать так, чтобы его можно было брать стрелой непосредственно с места.

Приведенный перечень оборудования далеко не всегда оказывается в распоряжении производящих работы.

Постановка и подъем буйковой станции возможны с помощью грузовой лебедки или турачки брашпиля. При этом необходимо соблюдать особую осторожность. Следует иметь в виду, что нагруженные тросы сильно портятся турачкой, диаметр которой невелик. Сама работа производится на малых скоростях. При работе через турачку на нее должно накладываться не менее 6 шлагов троса.

Для постановки буйковых станций успешно используется океанографическая лебедка «Океан» большой модели с мотором мощностью 17 кВт. При работе с нею трос пропускается на блок кран-балки, минуя тросоукладчик. При использовании для постановок лебедки «Океан» судно должно быть оборудовано для работ на океанских глубинах еще одной лебедкой, так как на барабан лебедки «Океан», как правило, укладывают только верхний участок троса (2200—2400 м). Постановка и подъем станции с использованием двух лебедок удобны тем, что для работ в местах с значительным диапазоном глубин может использоваться один, заранее подготовленный, трос на одной лебедке. Менять длину троса можно только на второй лебедке путем перемещения точки крепления якоря.

Хорошо применять также лебедки ЛЭРОК-1 и ЛЭРОК-2.

При постановках автономных буйковых станций необходимо выполнять следующие рекомендации.

1. Перед каждой постановкой буйковой станции обязательно производить расчет веса станции при максимально возможных динамических нагрузках от ветра, течения и волнения, предусматривая запас плавучести поддерживающего буя не менее 15—20%.

2. При постановках необходимо использовать ширококипные манифас-блоки, через которые может свободно проходить буйреп

вместе с вертлюгами, скобами, коушами. Блоки можно применят как специально изготовленные так и применяемые в рыбной пр мышленности на траловых дугах.

Следует, если возможно, устанавливать блоки так, чтобы на груженный буйреп не перегибался под углом менее чем 90°.

3. Буйреп целесообразно выбирать из ступенчатого троса ко цами, длина которых кратна 100 м, соединяя каждую ступень че рез вертлюг. Работы облегчаются, если конец троса, опускаемы за борт последним, размечен метками через каждые 50 или 100 м Это освобождает от необходимости измерять его во время поста новки станции.

4. Буйреп необходимой длины перед постановкой набираетс на барабан лебедки с учетом предполагаемой глубины моря способа постановки буйковой станции.

5. Соединение тросов со скобами, вертлюгами или между со бой необходимо осуществлять только через огоны с коушами.

6. Все скобы должны быть надежно зашплинтованы.

7. Новый трос перед набором на лебедку необходимо обтянут под нагрузкой.

8. Петлю стропа, предназначенного для подъема буя, закреп лять на мачте с таким расчетом, чтобы его удобно было захва тывать с палубы судна.

9. Часть буйрепа, предназначенную для заводки на лебедк при подъеме буя, следует крепить нижним концом к верхней по ловине вертлюга.

10. В такелаже крепления приборов к кронштейну не должн быть непосредственного контакта между разнородными металлам (например, между латунью и сталью).

11. Не рекомендуется применять постановки способом буй якорь, если не обеспечено плавное опускание якорной системы Необходимо тросовую систему хорошо вытянуть перед отдаче якорей.

12. Скорость погружения приборов не должна превышать 1,5 м/

13. Перед постановкой необходимо тщательно проверить испра ность и техническое соответствие всех узлов оборудования буй ковой станции.

14. В случае недостатка такелажного оборудования тросы со единяются сплеснями, длина которых не должна быть меньш двадцати диаметров более толстого троса.

15. Все работы по постановке и снятию автономных буйковы станций должны проводиться в строгом соответствии с правилам техники безопасности.

20.3. Техника безопасности при постановке и снятии автономных буйковых станций

Все работы по постановке и снятию автономных буйковы станций должны проводиться в строгом соответствии с «Прави лами по технике безопасности при производстве гидрометеоро

ических работ» [143], «Правилами техники безопасности на судах орского флота» и «Правилами техники безопасности на морских удах Министерства транспортного строительства» [144], с кото-ыми должны быть ознакомлены все лица, производящие данные аботы.

Здесь приводятся некоторые основные правила, которыми сле-ует руководствоваться при постановке и снятии автономных бу-овых станций.

1. Запрещается работать со стальными тросами без рукавиц.

2. Запрещается лицам, работающим с ходовым концом троса, аходиться и держать руки ближе одного метра от барабана ле-едки, кнехта и т. д. Запрещается находиться на линии натяже-ия, а также вблизи сильно натянутых тросов.

3. Работы на грузовых стрелках должны проводиться членами кипажа судна под руководством штурмана.

4. Запрещается стоять или проходить под висящими гру-ами.

5. Все тросы, цепи, гаки, скобы, вертлюги, блоки и т. п., пов-ежденные во время работы или хранения должны быть немед-енно изъяты из употребления.

6. Применяемые тросы не должны иметь узлов и калышек.

7. Для сохранения эластичности и предупреждения коррозии альные тросы следует периодически смазывать смазочными ма-ериалами, не содержащими кислот и щелочей.

8. Огоны для крепления гаков, рымов, вертлюгов, скоб и т. д. олжны иметь соответствующие коуши.

9. При постановке и снятии автономных буйковых станций на алубе кроме лиц, производящих работы, не должно быть посто-нних.

10. При авариях во время постановки или снятии автономной йковой станции все нагруженные тросы должны закрепляться осовыми зажимами и только после этого можно приступать ликвидации неисправностей.

20.4. Расчет нагрузок на элементы буйковых станций

Установленная в море автономная буйковая станция, помимо бственного веса, подвержена воздействию ветра, волн и тече-ий, создающих гидродинамические и механические нагрузки на составные части. Перед постановкой автономной буйковой анции необходимо приближенно рассчитать эти нагрузки, обы сделать станцию способной выдержать их действие. Вме-е с тем необходимо добиваться и разумных запасов прочности, рядка 15%.

Все приведенные здесь расчетные формулы и приемы должны ссматриваться как приближенные. Для небольших глубин ре-льтаты расчетов более надежны. С возрастанием глубин погреш-сти расчетов увеличиваются.

Расчет давления ветра на плавающий на поверхности буй
Сила действия ветра на плавающий буй вычисляется по известно в гидродинамике формуле

$$R_в = C_{xв} \frac{\rho_в V_в^2}{2} S_в, \qquad (20.1$$

где $\rho_в$ — массовая плотность воздуха, кг · с²/м⁴; $C_{xв}$ — коэффициен лобового сопротивления надводной части буя; $V_в$ — скорость ветра м/с; $S_в$ — площадь миделевого сечения надводной части буя, м

Коэффициенты C_x зависят от формы буя и от скорости потока который обтекает буй.

Для практических расчетов формулу (20.1) можно несколь упростить, заметив что для воздуха $\frac{\rho_в}{2} = 0{,}063$ и выбрав для бу цилиндрической формы с мачтой $C_{xв} = 1{,}2$. Тогда запишем

$$R_в = 0{,}076 V_в^2 S_в. \qquad (20.2$$

Пример. Рассчитаем давление ветра, скорость которого 30 м/с, на буй с с чением миделевой части 1,0 м². По формуле (20.2) получим

$$R_в = 0{,}076 \cdot 30^2 \cdot 1 = 68 \text{ кг}.$$

Расчет давления течения и волн на стоящий на якоре надво ный буй. Нагрузки R_x, возникающие вследствие того, что бу стоящий на якоре, обтекается потоком, могут быть рассчитаны п формуле, аналогичной формуле (20.1):

$$R_x = C_x \frac{\rho V^2}{2} S, \qquad (20.3$$

где ρ — массовая плотность воды, кг · с²/м⁴; C_x — коэффициен лобового сопротивления подводной части буя; V — скорость п тока, м/с; S — площадь вертикального сечения подводной част буя, м².

В принятой системе единиц $\rho = 102$, тогда формулу (20.3) можн записать

$$R_x = 51 C_x V^2 S. \qquad (20.$$

При практическом расчете возникает вопрос о скорости п тока V.

Частицы воды на поверхности перемещаются не только вле ствие течения, но и совершают орбитальные движения, обусло ленные волнением.

Очевидно, что если бы буй стоял неподвижно и не имел во можности перемещаться, то наибольшая скорость обтекания е потоком была бы равна сумме скоростей течения и орбитально движения воды, вызванного волнением

$$V = V_т + \frac{\pi h}{\tau}, \qquad (20.$$

где $V_т$ — скорость течения, м/с; h — высота наибольших волн, м τ — период этих волн, с.

На самом деле буй, стоящий на якоре, имеет возможность перемещаться. Следовательно, относительная скорость потока будет меньше, чем V, рассчитанная по выражению (20.5), так как скорость орбитального движения воды при волнении имеет переменное направление (с периодом в несколько секунд), то увеличение скорости потока за счет орбитального движения воды практически не будет существенно влиять на натяжение буйрепа. Поскольку фактическую скорость перемещения буя мы не знаем, то расчет ведем по формуле (20.5), учитывая, что при этом получаем завышенные значения.

Пример. Рассчитаем давление потока на подводную часть буя с коэффициентом $C_x=0{,}4$, площадью $S=1$ м². Скорость течения 1 м/с. Период τ выберем с, он является средним для волнения с наибольшей высотой $h=4$ м.

По формуле (20.5) определяем

$$V = 1 + \frac{3{,}14 \cdot 4}{6} = 3{,}1 \text{ м/с}.$$

Найденное значение V подставляем в формулу (20.4)

$$R_x = 51 \cdot 0{,}4 \cdot (3{,}1)^2 \cdot 1 \simeq 195 \text{ кг}.$$

Расчет давления течения на трос. Сила давления R_0 на туго натянутый трос или жесткий стержень определяется выражением

$$R_0 = C_x \frac{\rho V_т^2}{2} (H - z)\, d \cos\alpha, \tag{20.6}$$

где C_x — коэффициент лобового сопротивления троса; ρ — массовая плотность воды, кг·с²/м⁴; $V_т$ — скорость течения, м/с; $(H - z)$ — проекция длины троса на вертикаль, м; если трос достигает поверхности моря (буй поверхностный), то $z=0$; H — глубина места установки буя, м; d — диаметр троса, м; α — угол отклонения троса от вертикали; z — глубина, на которой находится притопленный буй, м.

Для троса принимаем $C_x=1{,}1$. Для воды $\rho=102$. Подставив эти величины в выражение (20.6) и заметив, что $\cos\alpha = \frac{H-z}{L}$ (L — длина троса, м), запишем

$L = H + 18$

$$R_0 = 56 V_т^2 d \frac{(H - z)^2}{L}. \tag{20.7}$$

При расчете давления на трос орбитальные скорости не учитываются, так как они быстро затухают с глубиной и не окажут влияния на приближенный расчет.

Пример. Рассчитаем давление течения скоростью 1 м/с на трос диаметром 0,01 м, длиной 100 м, на котором установлен буй на поверхности ($z=0$) в точке с глубиной 75 м.

Подставляя эти данные в выражение (20.7), получим

$$R_0 = 56 \cdot 1^2 \cdot 0{,}01 \frac{75^2}{100} \approx 32 \text{ кг}.$$

Если трос обтекается потоком, скорости которого различны н разных горизонтах, то вычисление R_0 ведется раздельно для уча стков троса, обтекаемых приблизительно одинаковыми скоростями Различие в скоростях для каждого участка можно допускат в пределах 0,5—0,6 м/с. Просто осредненными скоростями поль зоваться нельзя, так как в выражение (20.7) скорость входи в квадрате.

Расчет плавучести надводного или притопленного поддержи вающего буя. Поддерживающий буй, стоящий на якоре, долже выдержать вес автономной станции и все приложенные к нему на грузки, возникающие под действием ветра, волн и течений и оста ваться во всех случаях либо на поверхности моря, либо около за данного горизонта установки (если буй притопленный).

Под предельной грузоподъемностью буя П будем понимат разность между весом воды в объеме буя Q и весом буя в воз духе P

$$\Pi = Q - P;\ Q = V \cdot \rho,$$

где V — объем буя, м³; ρ — удельный вес (плотность) воды.

Пример. Рассчитать предельную грузоподъемность цилиндрического пенопла стового буя высотой 2 м и диаметром 1 м, если удельный вес воды 1,02 и пен пласта $\rho_п = 0{,}15$, вес стальных креплений буя $P_1 = 100$ кг.

$$V = \pi\left(\frac{1}{2}\right)^2 \cdot 2 = \frac{3{,}14}{2} = 1{,}57 \text{ м}^3;$$

$$Q = V\rho = 1{,}57 \cdot 1{,}02 = 1{,}6 \text{ т} = 1600 \text{ кг};$$

$$V\rho_п = 1{,}57 \cdot 0{,}15 = 0{,}236 \text{ т} = 236 \text{ кг};$$

$$P = V\rho_п + P_1 = 236 + 100 = 336 \text{ кг};$$

$$\Pi = 1600 - 336 = 1264 \text{ кг}.$$

Грузоподъемность буев ГМ-46—ГМ-51 указывается в их па портах.

Обозначим: P_i — вес в воде прикрепленных с помощью тр са к бую приборов, кг; γ — вес погонного метра троса в воде, к H — глубина места установки буя на якоре, м; z — заданная гл бина притопленного буя, м.

Тогда под чистой плавучестью (запасом плавучести) Q_0 бу будем понимать величину

$$Q_0 = \Pi - \sum_{i=1}^{i=n} P_i - \gamma(H - z).^1 \qquad (20.$$

Минимальное значение Q_0' для того, чтобы буй при заданны гидрометеорологических условиях всегда оставался на поверхн

[1] Если буй поверхностный, то для расчета веса троса нужно учитывать вс длину троса с притравкой.

сти моря или на заданной глубине погружения, должно вычисляться по формуле

$$Q_0' = \left(R_в + R_x + \sum R_{ix} + R_0 \frac{H-z}{L}\right) \frac{\frac{H-z}{L}}{\sqrt{1-\left(\frac{H-z}{L}\right)^2}} + R_0 \sqrt{1-\left(\frac{H-z}{L}\right)^2}, \qquad (20.8')$$

де R_{ix} — давление, оказываемое течением и волнением на подвешиваемые к тросу приборы, рассчитываемое по формулам (20.3) и (20.4).

Пример. Требуется установить буй в океане на глубине 5000 м. На судне имеются буи ГМ-51 грузоподъемностью 2300 кг. Высота буя 4,2 м, диаметр 1 м. Предварительный запас плавучести буя назначаем в 40%, т. е. $^2/_5$ части буя должны возвышаться над поверхностью моря и $^3/_5$ находиться в воде. Притравку троса назначаем 15% = 750 м. Трос берем ступенчатый: диаметром 9,5 мм — 00 м, его вес 158 кг; диаметром 7,5 мм — 1250 м, его вес 254 кг и диаметром ,7 мм — 4000 м, его вес 318 кг. Вес всего троса 158+254+318=730 кг. Вес троса воде на 12% меньше, что составляет 88 кг. $P_1=730-88=642$ кг.

Определяем вес 10 приборов, устанавливаемых на буе, из них 5 БПВ-2р весом по 29 кг; 3 БПВ-2 весом по 48 кг и 2 ФТГ весом по 24 кг. Вес всех приборов $5\cdot29+3\cdot48+2\cdot24=337$ кг. Вес в воде на 11—12% меньше, $P_2=337-37=300$ кг. Вес 10 кронштейнов по 5 кг — 50 кг, вес вертлюгов, скоб, отрезков цепи и проч. — 25 кг. $P_3=50+25=75$ кг. Вес всего снаряжения $P=P_1+P_2+P_3=642+300+75=1017$ кг. Определяем запас плавучести $Q=2300-1017=1283$ кг.

Рассчитываем гидродинамические нагрузки.

1. Давление ветра скоростью 30 м/с на надводную часть буя по формуле (20.2) $S_в=1{,}7\cdot1=1{,}7$ м²; $R_в=0{,}076\cdot30^2\cdot1{,}7=116$ кг;

2. Давление течений и волн на подводную часть буя по формуле (20.4). Скорость течения $U_т$ принимаем равной 1 м/с, высоту волн 5 м и их период 8 с, тогда $V_{орб}=\frac{3{,}14\cdot5}{8}\approx2$ м/с и $V=1+2=3$ м/с; $S=2{,}5\cdot1=2{,}5$ м²; коэффициент сопротивления C_x для цилиндрического буя с параболоидной нижней частью принимаем равным 0,4

$$R_x = 51\cdot0{,}4\cdot3^2\cdot2{,}5 = 459 \text{ кг};$$

3. Давление течений на трос по формуле (20.7), в которой $\frac{H-z}{L}$ есть косинус угла α наклона троса к вертикали, $z=0$; $\cos\alpha=\frac{5000}{5750}=0{,}87$; $\sin\alpha=\sqrt{1-(0{,}87)^2}=0{,}49$; для троса принимаем $C_x=1{,}1$. Скорость течения принимаем: в верхнем 500 метровом слое 1 м/с, далее до глубины 1750 м 0,5 м/с далее до дна 0,2 м/с (умножать на $\cos\alpha$ будем суммарную длину троса).

$$R_{01} = 56\cdot1^2\cdot0{,}0095\cdot500 = 266 \text{ кг};$$

$$R_{02} = 56\cdot\left(\frac{1}{2}\right)^2\cdot0{,}0075\cdot1250 = 131 \text{ кг};$$

$$R_{03} = 56\cdot\left(\frac{2}{10}\right)^2\cdot0{,}0047\cdot4000 = 42 \text{ кг};$$

$$R_0 = 439 \text{ кг}$$

$$R_0\cos\alpha = 439\cdot0{,}87 = 372 \text{ кг};$$

$$R_0\sin\alpha = 439\cdot0{,}49 = 215 \text{ кг}.$$

4. Давление течений на приборы по формуле (20.4). Влиянием волн пренебрегаем. Шесть приборов располагается в слое до 500 м, где скорость течения 1 м/с, и четыре прибора ниже 500 м, где скорость течения 0,5 м/с. Приборы цилиндрической формы, у которых отношение высоты к диаметру $\frac{l}{d} \approx 3$; принимаем $C_x = 0{,}7$ (см. приложение 2), $S_п = 0{,}2$ м²:

в слое 0—500 м $R'_{xп} = 51 \cdot 0{,}7 \cdot 1^2 \cdot 0{,}2 = 7$ кг,

в слое ниже 500 м $R''_{xп} = 51 \cdot 0{,}7 \cdot \left(\frac{1}{2}\right)^2 \cdot 0{,}2 = 2$кг,

$$R_{xп} = 6 \cdot 7 + 4 \cdot 2 = 50 \text{ кг}.$$

Сумма сил гидродинамического давления

$$R = R_в + R_x + R_0 \cos\alpha + R_{xп} = 116 + 459 + 372 + 50 = 997 \text{ кг}.$$

По формуле (20.8) подсчитываем необходимый минимальный запас плавучести Q_0'.

$$Q_0' = 997 \cdot \frac{0{,}87}{0{,}49} + 215 = 997 \cdot 1{,}78 + 215 = 1775 + 215 = 1990 \text{ кг}.$$

В данном примере расчет показал, что $Q_0' > Q_0$, т. е. запас плавучести буя недостаточен для преодоления гидродинамических сил давления. Необходимо применить сдвоенный буй ГМ-51. Гидродинамические нагрузки на сдвоенный буй увеличатся за счет $(R_в + R_x) \cdot 1{,}78 = (116 + 459) \cdot 1{,}78 = 1024$ кг и будут составлять $Q_0' = 1990 + 1024 = 3014$ кг, а $Q_0 = 1283 + 2300 = 3583$ кг, т. е. $Q_0' < Q_0$ и сдвоенный буй будет находиться на поверхности.

Анализ результатов расчета показывает: 1) что из всех гидродинамических сил давление волн и течений на корпус буя имеет наибольшее значение. Величина R_x существенно зависит от формы буя, т. е. от коэффициента сопротивления C_x. Буй должен иметь хорошо обтекаемую форму. Нами принято $C_x = 0{,}4$ как среднее значение для сплющенного эллипсоида (см. приложение 2). Если бы буй был просто цилиндром без параболоидного закругления внизу, то C_x нужно было бы взять равным 0,7; 2) что, давая большую притравку троса, существенно уменьшается множитель $\operatorname{ctg}\alpha$, на который умножается сумма гидродинамических сил R, что снижает их значение. Формулой (20.8) нельзя пользоваться при постановке буя на панер (без притравки), т. к. гидродинамические силы приходится умножать на $\operatorname{ctg} 0° = \infty$, что приводит к абсурду. С другой стороны, значительная притравка увеличивает радиус x хождения буя вокруг якоря до нежелательных размеров, соизмеримых с глубиной места. Обозначив притравку через ΔH, имеем: $\Delta H = n\frac{H}{100}$, $n = 1, 2, 3, \ldots, 100\%$; $L = H + n\frac{H}{100}$; $x = \sqrt{L^2 - H^2}$. Например, при $n = 25\%$, $x = 0{,}75H$, а при $n = 50\%$, $x = 1{,}11H$, что приводит к погрешностям измерения скорости течения в верхних горизонтах.

Расчет давления течения и волн на притопленный буй. Наибольшего значения гидродинамические силы, возникающие при обтекании притопленного буя, стоящего на якоре, достигают при наибольших скоростях течений, сочетающихся с наибольшим вол-

ожным волнением (если буй находится на глубине менее 30 м).

Сила давления потока на буй R_x выразится формулой

$$R_x = C_x \frac{\rho V^2}{2} S, \tag{20.9}$$

де C_x, ρ, S имеют те же значения, что и в формуле (20.3);

$$V = V_т + \frac{\pi h}{\tau} e^{-\frac{2\pi}{\lambda} z}; \tag{20.10}$$

десь V, $V_т$, h, τ имеют те же значения, что и в формуле (20.5); — длина волны, м; z — глубина погружения буя, м.

В данном случае для приближенного расчета скоростей орбиальных движений можно принять, что эти скорости меняются до убины z по линейному закону и на горизонте $z = \frac{\lambda}{2}$ практически авны нулю. Тогда выражение (10) можно записать в виде

$$V = V_т + \frac{\pi h}{\tau}\left(1 - \frac{2z}{\lambda}\right). \tag{20.11}$$

В этом выражении z можно менять в пределах от 0 до $\frac{\lambda}{2}$. ри бо́льших значениях z второе слагаемое принимается равным улю, т. е. $V = V_т$.

Расчет давления на трос притопленного буя производится по ормуле (20.6).

Вес и держащая сила якорей. Для удержания буев на месте их остановки применяются якоря различных систем. Конструкции корей должны удовлетворять двум основным условиям: 1) вес коря должен быть больше максимальной вертикальной силы, передаваемой по тросу к якорю; 2) горизонтальная составляющая ил, передаваемая по тросу к якорю, должна быть значительно еньше сил сцепления якоря с грунтом.

Мы располагаем только приближенными методами расчета для ределения горизонтальной держащей силы якоря, так как на азличных грунтах силы сцепления якоря будут меняться в широких пределах.

Для того чтобы под действием волн и течений, передаваемых корю через трос, якорь не отрывался от грунта, минимальное ачение его веса в воде $R_{яz}$ должно вычисляться по формуле

$$R_{яz} = Q_0 - R_0 \sqrt{1 - \left(\frac{H - z}{L}\right)^2}, \tag{20.12}$$

минимальное значение силы сцепления якоря с грунтом $R_{яx}$ олжно составлять

$$R_{яx} = R_в + R_x + \sum R_{ix} + R_0 \frac{(H - z)}{L}. \tag{20.13}$$

В этих формулах способы вычисления всех величин уже ук
заны. Если возникает опасение, что якорь будет ползти, то для ув
личения его держащей силы применяются (помимо увеличени
веса) системы якорей, связанных концами троса или куском цеп
добавляют «кошку», ставят вместо сегментов равные по весу якор

Расчет тросов и цепей. Тросы и цепи должны обеспечивать про
ность всех звеньев конструкции буйковой станции. Расчет про
ности троса на разрыв производится по формуле

$$P=\frac{T}{K}, \qquad (20.1$$

где P — наибольшая нагрузка на трос, T — разрывное усили
троса, K — коэффициент запаса прочности.

Специальных исследований для определения коэффициента
применительно к буйковым станциям не производилось. Наибол
близко по условиям нагрузок подходят тросы на стрелах и лебе
ках. Для стрел и лебедок с механическими приводами коэфф
циент K берется от 5 до 6. На эти значения и следует ориентир
ваться.

В качестве наибольшей нагрузки на тросы буйковой станци
выбирается величина P, определяемая из выражения

$$P=\sqrt{Q_0^2+(R_в+R_x)^2}, \qquad (20.1$$

где Q_0 — плавучесть буя, определяемая по формуле (20.8); $R_в$
R_x определяются по формулам (20.2) и (20.4). Вертикальную сл
гающую, возникающую за счет колебаний буя на волне, в расч
не принимаем, так как учет ее сложен, а в формулу входит зав
шенная величина $R_в$, компенсирующая возможную погрешност
Заметим, что грузоподъемность буя может значительно превосх
дить чистую плавучесть. Например, может случиться, что для п
становки был использован буй грузоподъемностью 1000 кг, в
время как суммарные нагрузки не превосходят 500 кг.

При выборе тросов должна производиться также проверка пр
вильности подбора диаметра D барабана и блоков по форму

$$D \geqslant d(l-1), \qquad (20.1$$

где d — диаметр троса, м; l — коэффициент, применяемый >20.

Для определения прочности звеньев цепей служит форму
(20.14). Коэффициент K для цепей следует брать от 4 до 5.

Сведения о весе и предельных разрывных усилиях тросов пр
ведены в табл. 20.1 и 5.1—5.4. Кроме того, при расчете нагруз
на элементы буйковых станций удобно пользоваться номогра
мой Н. Н. Сысоева, в которой указаны различные характеристи
тросов, применяемых при океанологических наблюдениях (рис. 20.1

Пример. Требуется определить вес и объем 5000 м 9,5-миллиметрового тро
Прозрачной линейкой соединяем точки 9,5 мм на шкале «диаметр троса» и 5000
на шкале «длина троса», а в точке пересечения с линейкой шкал «вес трос
и «укладочный объем» снимаем отсчет веса 1600 кг и объема 400 дм³.

Можно решать и другие задачи, например: сколько четырехмиллиметрового троса вместит барабан большой гидрологической лебедки, если его емкость 56 дм³. Соединяя соответствующие точки на шкалах «диаметр троса» и «укладочный объем троса», в точке пересечения линейкой шкалы «длина троса» отсчитываем 9000 м.

Таблица 20.1

Стальные тросы, применяемые для буйковых станций

Диаметр троса, мм	ГОСТ	Вес 100 м троса, кг	Разрывные усилия троса в целом, кг [1]
3,5	3069—66	4,4	730
4,0	3070—66	5,7	920
4,8	3070—66	8,2	1310
4,8	3071—66	7,9	1230
5,0	3077—69	9,1	1440
5,6	3077—69	11,4	1860
6,0	3081—69	15,2	2620 [2]
6,2	3070—66	13,6	2190
6,5	3069—66	15,5	2590
7,5	7666—55	24,2	4180
8,0	3071—66	22,5	3530
8,5	3069—66	25,7	4270

[1] Все разрывные усилия даны при расчетном пределе прочности проволоки 130 кг/мм².
[2] С металлическим сердечником.

Сведения о весе и разрушающих нагрузках цепей приведены в табл. 20.2.

Таблица 20.2

Цепи стальные такелажные (ГОСТ 2319—55)

Размеры звена, мм		Нагрузка, кг		Вес 1 пог. м, кг
диаметр	ширина	пробная	разрушающая	
5	17	320	640	0,5
6	21	500	1 000	0,8
7	24	750	1 500	1,2
8	27	1100	2 200	1,5
9,5	32	1550	3 100	2,0
11	36	2200	4 400	2,7
13	43	3300	6 600	3,9
16	53	5100	10 200	6,0

Все остальные элементы такелажа буйковой станции, несущие силовые нагрузки (скобы, вертлюги, кольца), должны иметь нижний предел прочности несколько большим, чем рассчитанный для тросов.

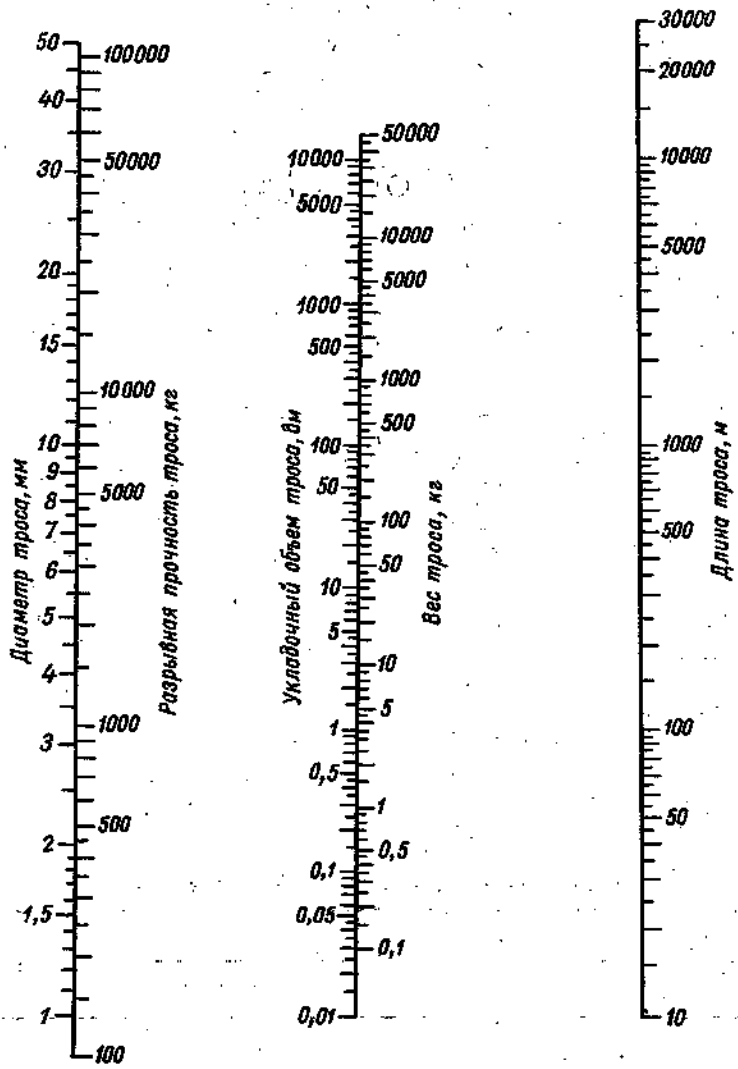


Рис. 20.1. Номограмма для ориентировочных расчетов допустимой нагрузки на трос, веса троса и длины троса, помещающегося на барабане лебедки.

Лебедка	Емкость барабана, дм³
Малая гидрологическая	55
Большая „	156
Траловая	2350
Якорная	5575
Малая грузовая	121
Большая „	218

20.5. Автономные буйковые станции для больших глубин

Подготовка приборов и оборудования для буйковой станции. Подготовка складывается из двух этапов. Первый этап производится до выхода в море или на переходе и заключается в подготовке оборудования и проверке его:

1) проверяют лебедки, грузовые стрелы, вьюшки, кран-балки и прочность откидных мостиков;

2) подбирают и проверяют якорные цепи, вертлюги, скобы, канифас-блоки, тросовые стопоры и зажимы, кронштейны для подвески приборов;

3) определяют коэффициенты счетчиков лебедок или коэффициенты блок-счетчиков;

4) отмечают марками на становом тросе места подвески самописцев;

5) проверяют герметичность корпусов самописцев и работу регистраторов;

6) проверяют работу радиопередатчика и проблескового огня;

7) вооружают буй мачтой, уголковым отражателем и антенной передатчика;

8) к якорям присоединяют стопоры для крепления их на буйрепе;

9) к бую присоединяют капроновый или манильский трос с поплавками и плавучестью на конце для поимки буя;

10) заряжают аккумуляторные батареи и ставят новые сухие элементы для проблескового огня;

11) к бую подсоединяют вертлюг с цепью;

12) к верхнему участку троса прикрепляют дополнительный трос «проводник» и заделывают огоны;

13) для постановки и подъема всей системы при постановке типа «якорь—буй» рекомендуется использовать две лебедки. На одну из них (№ 1) наматывают верхний участок троса с проводником. Длина троса должна быть точно известна и для лебедки «Океан» обычно равна 2200 м. На лебедку № 2 наматывают, начиная с верхней ступени, весь остальной трос с расчетом, чтобы тросов на лебедках № 1 и № 2 хватило на постановку станции в районе работ;

14) при постановке типа «буй—якорь» буйреп наматывают на барабан лебедки, начиная с нижней ступени.

Второй подготовительный этап производится непосредственно перед постановкой буйковой станции и состоит в следующем:

1) производят детальный эхолотный промер района постановки с целью уточнения глубины постановки станции и рельефа дна;

2) определяют скорость и направление ветрового дрейфа судна;

3) подготавливают к работе регистрирующие механизмы, делают контрольные отметки на ленте и устанавливают их в корпусы, плотно закрыв крышками;

4) устанавливают на буй проблесковый огонь и радиопередатчик. Проверяют их работу;

5) подготавливают необходимые при постановках ключи, свайки, скобы, каболки, нож, тросовые стопоры и т. п.

Постановка буйковых станций. Автономные буйковые станции для океанских глубин ставятся на глубину места от 1000 м до 6000 м. Многолетний опыт постановок таких станций позволил выработать оптимальную схему их устройства, постановки и снятия. Постановка и подъем АБС осуществляется силами экипажа (старшим помощником капитана, боцманом и палубной командой) под руководством капитана. Расчет плавучести буя, тросовых и якорных систем производится начальником океанографического отряда или старшим инженером. В задачу технического персонала экспедиции входит: подготовка приборов к работе, навеска приборов к тросу, их снятие и другие работы. Постановка осуществляется с судна, лежащего в дрейфе с наветренного борта при степени волнения не более 5 баллов.

Постановки АБС производят тремя способами, различающимися последовательностью проведения работ. При первом способе постановку начинают с якоря и последним опускают буй. При втором способе прежде опускается на воду буй, затем травится весь становой трос с приборами и последней опускается якорная система. Третий комбинированный способ, при котором первым на воду опускается буй, травится становой трос с приборами, конец станового троса крепится через вертлюг за утку кран-балки, затем опускается якорная система. Когда якорь не доходит до дна 300—500 м, оба конца троса (несущий приборы и якорь) соединяются через вертлюг и опускаются за борт. При постановке АБС комбинированным способом уменьшается возможность скручивания тросовой системы во время падения якорей. В соответствии с порядком работы первый способ постановки называют «якорь—буй», второй — «буй—якорь» и третий «комбинированный».

Постановка способом «якорь—буй»: 1) определяют координаты станции и глубину места и ложатся в дрейф; 2) исходя из измеренной глубины места станции постановка начинается или с присоединения концевого якоря, если количество подготовленного троса на обеих лебедках ненамного превышает глубину в сумме с притравкой, или с отдачи с барабана лебедки № 2 излишка троса на вьюшку; 3) к концу троса, взятого на лебедку № 2 (после снятия излишка), крепят первый якорь; 4) якорь выводят за борт и лебедкой № 2 стравливают буйреп до отсчета, на котором крепят второй якорь; 5) тросовым зажимом с рымом подсоединяют строп со вторым якорем и выводят его за борт (можно гаком грузовой лебедки) и лебедкой № 2 стравливают до места крепления третьего якоря. Крепят третий якорь и выводят его за борт; 6) счетчик вытравленного троса ставят на нуль; 7) лебедкой № 2 продолжают травить трос до отсчетов, на которых присоединяют самописцы течений или до присоединения троса с лебедки № 1; 8) если по расчету должен быть присоединен трос с лебедки № 1, то лебедку № 2 останавливают; 9) трос на участке за блоком кран-балки берут на стопор (лягушку); 10) потравливая трос ле

бедкой № 2, нагрузку передают на стопор и освобождают коренной конец троса с лебедки № 2; 11) соединяют его с огоном троса лебедки № 1 такелажной скобой или связывают штыком; 12) лебедкой № 1 подбирают трос, снимая нагрузку со стопора и освобождают его; 13) продолжают дальнейшую постановку станции с лебедки № 1; 14) на отсчетах, соответствующих месту крепления самописцев течений (фототермографов), лебедку останавливают и крепят приборы[1]; 15) после подвески последнего из приборов включают проблесковый огонь и радиопередатчик. Буй с цепью и вертлюгом, гаком грузовой лебедки выводят за борт, удерживая его от раскачивания дуплинем из манильского или капронового троса, коренной конец которого закреплен, а свободный берется на утку; 16) одновременно на замедленной скорости выпускают с барабана лебедки № 1 последние шлаги основного буйрепа и после выхода его огона к борту (за блок кран-балки) лебедку останавливают; 17) подсоединяют такелажной скобой огон основного буйрепа к цепи буя; 18) нагрузку с лебедки передают на буй; 19) освобождают проводник с барабана лебедки № 1; 20) свернутый в бухту проводник каболками подвязывают к цепи ниже вертлюга; 21) опускают буй грузовой лебедкой на воду, одновременно подтягивая его к борту манильским или капроновым тросом; 22) освобождают гак грузовой лебедки; 23) вдоль борта (с наружной стороны) растягивают трос с плавучестью для поимки буя; 24) перетравливая манильский или капроновый трос через утку, опускают буй; 25) сбрасывают на воду трос с плавучестью для поимки буя; 26) записывают время окончания постановки, длину вытравленного троса по счетчику, производят контрольный промер глубин и определение места станции; 27) определение места буя производят несколько раз в течение 12 часов, для того чтобы убедиться, что станция не дрейфует.

Недостатком этого способа является то, что в конце постановки, когда якоря легли на дно, а буй еще не принял всей нагрузки буйрепа с приборами, судно на какое-то время становится на якоря буйковой станции, что грозит обрывом буйрепа у якорей буйковой станции.

Постановка способом «буй—якорь»: 1) заводят становой трос лебедки на блок стрелы и протягивают его по палубе;

2) на расстоянии 30 м от конца буйрепа накладывают тросовый зажим с рымом. Собирают 30 м троса и связывают его в бухту;

3) присоединяют скобой тросовый зажим, скрепленный со становым тросом, к вертлюгу, соединенному с цепью, идущей от буя;

4) накладывают на буйреп на расстоянии 1—2 м от тросового зажима второй зажим, играющий роль стопора при подъеме. Этот зажим можно при постановке не ставить, а при подъеме наложить на это место тросовый стопор;

5) захватывают пентер-гаком строп буя, выносят буй за борт и опускают в воду;

[1] После подвески первого из приборов опускание производят при скорости, не превышающей 1,5—2,0 м/с.

6) травят цепь и становой трос до места установки первого измерителя течений;

7) крепят к буйрепу (раскосом вверх) кронштейн, подвешивают на нем самописец и опускают его в воду;

8) в той же последовательности опускают в воду приборы 2, 3, 4 и т. д.;

9) после подвески приборов травят буйреп в воду до места крепления первого якоря, при этом судно самым малым ходом растягивает трос (если буй близко подходит к судну);

10) крепят к тросу зажимом строп первого якоря и опускают его в воду;

11) травят трос до места крепления второго и третьего якорей, прикрепляют их и опускают в воду;

12) берут трос на стопор, снимают его конец с лебедки и канифас-блока кран-балки и подготавливают к сбрасыванию за борт;

13) растягивают станцию, удаляясь от буя самым малым ходом;

14) отдают стопор;

15) производят действия по п. 26 и 27 способа «якорь—буй».

Недостатками этого способа являются:

а) буи, вертикальные размеры которых больше горизонтальных, при опускании их на воду (без нагрузки, в первый момент) не становятся вертикально, а ложатся. Мачта оказывается в воде и при волнении может выйти из строя (ударяется о воду уголковым отражателем и светильником, нарушается герметичность светильника, мачта может сломаться);

б) при отдаче якорей трос скручивается, образует петли, а при натяжении — калышки, что грозит обрывом буйрепа;

в) при падении якорная система может повредить подвешенные приборы. Чтобы избежать всего этого, применяется комбинированный способ.

Постановка «комбинированным способом»: 1) заводят становой трос с лебедки на ширококипный блок кран-балки и протягивают его на палубе;

2) на расстоянии 10—20 м скобой становой трос крепится с цепью (или отрезком троса);

3) к скобе одним концом крепится проводник и протягивается вдоль цепи (или отрезка троса);

4) второй конец проводника сворачивается в бухту, которая крепится под вертлюгом буя;

5) захватывают пернер-гаком строп буя, выносят буй за борт и опускают в воду;

6) травят цепь (или отрезок троса) и становой трос до места установки первого измерителя течений;

7) крепят к буйрепу (раскосом вверх) кронштейн, подвешивают на нем самописец и опускают его в воду;

8) в той же последовательности опускают в воду остальные приборы;

9) после подвески всех приборов конец буйрепа через вертлюг крепят на «утку» кран-балки;

10) к концу троса, заведенного на ширококипный блок кран-алки, крепят якорную систему;

11) если растяжка буйрепа с приборами слабая, то судно дает олчок;

12) растянув буйреп с подвешенными к нему приборами, начи-ают опускать якорную систему;

13) когда якорная система не доходит еще до грунта на 300—00 м, якорный трос берут на «лягушку»;

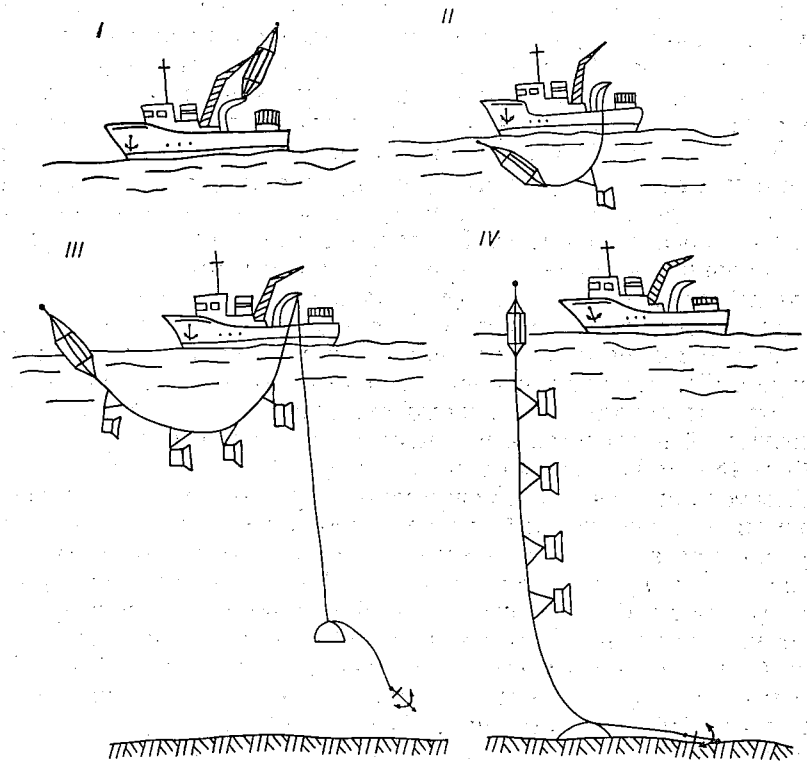


Рис. 20.2. Схема постановки АБС комбинированным методом.

14) соединяют конец якорного троса через вертлюг с буйрепом, акрепленном на «утке» кран-балки;

15) место соединения якорного и станового троса (вертлюг) ыводят за борт или путем обрубания, или на тонком тросе со слабым сечением»;

16) производят действия по пунктам 26—27 способа «якорь—уй». Схематическая последовательность постановки изображена а рис. 20.2.

Разновидностями «комбинированного способа» являются:) постановка с использованием вспомогательного троса и б) по-тановка с использованием промежуточного буя.

В месте соединения тросов якорной системы и буя присоединя-

ется вспомогательный трос, намотанный на соседнем барабане ле бедки, обеспечивающем скорость стравливания 1,5 м/с. Вспомога тельный трос состоит из набора: трос диаметром 8,2—9 мм длиной 40 м; трос диаметром 5,5 мм длиной 1 м; трос диаметром 9 мм длиной не менее 800 м. На вспомогательный трос во время его вытравливания действует вес всей системы, за исключением потери веса в воде (около 12%), потери веса при движении вниз за счет уменьшения силы тяжести (около 15% на скорости 1,5 м/с) и по тери веса за счет сопротивления воды (около 9% при скорости 1,5 м/с). Таким образом, в момент вывода с барабана участка троса диаметром 5,5 мм на него действует нагрузка примерно на 35% меньшая, чем вес системы. Нагрузка на вспомогательный трос уменьшается по мере того, как якорная система достигает грунта и основная нагрузка перераспределяется на буй. В это время спуск вспомогательного троса прекращается. За счет дрейфа судна и последовательного зацепления якорей натяжение вспомога тельного троса возрастает. Удельное напряжение будет существенно большим в тросе диаметром 5,5 мм и в этом месте вспомогательный трос оборвется. Для более быстрого обрыва лебедки в этот момент можно переключить на подъем. При скорости опускания 1,5 м/с якоря и плашки плавно и последовательно ложатся на грунт. При меньших скоростях надо соответственно уменьшить скорость вытравливания вспомогательного троса. Этот способ и следующий применялись при постановке АБС в Гольфстриме на глубине 4300 м. Притравка давалась 14%.

Смысл применения промежуточного буя состоит в следующем. Во время постановки АБС до того, как якорь дойдет до грунта, вытравленная за борт часть буйрепа с якорями и приборами подвешивается *к промежуточному бую.* Затем постановку продолжают (крепят к буйрепу остальные приборы) и основной буй опускают на воду и пускают его в дрейф. Подходят к промежуточному бую и отделяют его от буйрепа. Основной буй АБС становится на якорь. Промежуточный буй берется на борт [64].

Подъем буйковой станции. Подъем буйковой станции происходит в следующей последовательности:

1) обнаруживают АБС по координатам буя;

2) подходят с наветренной стороны к бую;

3) кошкой вылавливают трос с плавучестью и за нее подтягивают буй к борту. Записывают время начала подъема станции;

4) гак грузовой лебедки заводят в огон капронового или манильского троса или с низкобортного судна в рым буя;

5) поднимают буй так, чтобы вертлюг оказался на высоте планшира;

6) распускают трос проводника и заводят его на лебедку, соединив скобой с коренным концом троса, закрепленным на барабане лебедки № 1 [1];

[1] Если подъем ведется одной лебедкой, то используют последовательно два блока, устанавливаемые на стреле. Один из блоков отводится под грузовой шкентель, второй — под становой трос.

7) счетчики вытравленного троса ставят на нули;

8) лебедкой № 1 снимают нагрузку с буя;

9) отсоединяют скобу с цепью, и буй берут на палубу;

10) начинают подъем. До отрыва якорей от дна буйреп поднимают со скоростью не выше 0,5 м/с. Машиной подрабатывают, так чтобы трос был вертикален;

11) выбирают буйреп до появления первого самописца. Лебедку останавливают, снимают самописец и кронштейн;

12) по мере выбора буйрепа снимают все остальные приборы. До снятия последнего прибора скорость подъема не должна превышать 1,5 м/с;

13) через каждые 1000 м выбранного буйрепа лебедку надо остановить на 2—3 мин для того, чтобы нижний участок троса раскрутился;

14) если емкость барабана лебедки недостаточна для всего троса, то, подняв буйреп до места связки верхнего и нижнего участков, переводят трос на вторую лебедку. Для этого трос на участке за блоком кран-балки или стрелы берут на стопор. Поравливая с лебедки № 1, нагрузку передают на стопор, связку выводят на палубу, где ее разъединяют или просто обрубают, если связка сделана штыками. Отданный или обрубленный конец буйрепа соединяют с тросом барабана лебедки № 2;

15) нагрузку стопора передают на лебедку № 2 и отдают стопор;

16) лебедкой № 2 выбирают буйреп до появления первого якоря;

17) отсоединяют зажим, скрепляющий якорь с буйрепом, и якорь берут на палубу. Так же снимают остальные якоря;

18) поднятые из воды самописцы не рекомендуется открывать до тех пор, пока их корпусы не примут температуру окружающей среды. Это необходимо, чтобы избежать запотевания механизма;

19) после извлечения регистрирующих механизмов из корпуса на лентах делают отметки времени.

Приведенные выше описания последовательности работ при постановке и подъеме буйковых станций в основных чертах выдерживаются независимо от оборудованности судна. Что же касается способов выполнения отдельных операций, то они в каждом случае могут выполняться различно. Например, при отсутствии штатного росового стопора типа «лягушка» или концевого, опытный матрос вполне надежно накладывает цепной стопор. Однако необходимо следить за тем, чтобы цепь для этой цели была надлежащей прочности. Если трос при подъеме станции (или постановке) берется не на барабан лебедки, а на турачку, нужно иметь надлежащие емкости на вьюшках и сразу выбирать трос на них. Могут быть и другие отклонения от приведенных описаний.

На каждую постановку буйковой станции следует вести протокол, примерная форма которого помещена ниже.

ПРОТОКОЛ №

постановки и подъема АБС с самописцами течений БПВ-2 и БПВ-2р и фототермографами

э/с _____

_____ море (океан). Глубина _____ м. Буй _____ грузоподъемностью _____ кг

По расчету запас плавучести _____ кг. Притравка троса _____ % от глубины.

АБС поставлена _____ 19___ г. Поднята _____ 19___ г.

Координаты АБС: _____ широты _____ долготы

Пеленги	Углы	Счисление	Астрономические определения

Постановка произведена способом _____

№ п/п	Горизонт, м	Индекс и номер прибора	Контрольные отметки		Прибор на горизонте		Начало подъема		Прибор на палубе, контрольная отметка		Время работы			
											расчетное		фактическое	
			ч	мин	ч	мин	ч	мин	ч	мин	ч	мин	ч	мин
1														
2														
3														
.														
.														
.														
10														

Постановка	Подъем
Начата _____ 19___ г. ___ ч ___ мин.	Начат _____ 19___ г. ___ ч ___ мин
Погода: ветер _____ волн. _____	Погода: ветер _____ волн. _____
Окончена _____ 19___ г. ___ ч ___ мин.	Окончен _____ 19___ г. ___ ч ___ мин
Погода: ветер _____ волн. _____	Погода: ветер _____ волн. _____

Производили:

Такелаж готовили:	постановку	подъем
1	1	1
2	2	2
3	3	3

Расчет плавучести АБС производил _____

Руководил капитан э/с _____

В приложении к протоколу приводится зарисовка схемы, на которой показываются все детали буйковой станции: длина и диаметр тросов, места их соединений, якоря, их вес, цепи, вертлюги и др.

Подписи:

Капитан _____ Начальник экспедиции (рейса) _____

Желательно вблизи крепления якорей на нижнем участке буйепа ставить трос диаметром 3—4 мм. В случае если якоря «заыты» в грунте и благодаря этому при подъеме станции возниают большие нагрузки на буйреп, этот участок буйрепа рвется потери ограничиваются системой якорей.

При постановке автономных буйковых станций в районах окена с сильными течениями, такими как Гольфстрим, Куросио и т. п., качестве поддерживающего буя применяются два буя ГМ-51, оединенные вместе сварной металлической конструкцией. Необхоимо также применение якорной системы с большей держащей илой. С этой целью к концу обычной якорной системы, состояей из сегментных якорей, добавляется один или два адмиралтейких якоря (100—150 кг), соединенных с сегментными якорями пяидесятиметровым отрезком троса диаметром 11—12 мм. К подерживающему бую крепится манильский канат длиною 100 м, ля того чтобы облегчить первый этап снятия буйковой станции.

20.6. Автономные буйковые станции для средних глубин

Постановка автономных буйковых станций для средних глубин существляется на глубинах места от 50 до 1000 м. Существует ного различных типов таких станций и вариантов их постаноок. Здесь приводятся наиболее оптимальные схемы буйковых танций и порядок их постановки и снятия.

Автономная буйковая станция с одним поддерживающим буем. а основу берется схема автономной буйковой станции для океанких глубин с той лишь разницей, что в качестве поддерживаюего буя могут быть использованы более легкие тральные буи рузоподъемностью от 300 до 1000 кг или буи ГМ-49 и ГМ-50 грурподъемностью 1000—1500 кг. Система якорей также облегчается. Приемы постановки и снятия такой станции описаны в предыдуем разделе.

Автономная буйковая станция с двумя поддерживающими уями. Схема такой станции показана на рис. 20.3. Этот вариант уйковой станции целесообразно применять в районах моря сильными течениями и резкими перепадами глубин. В качестве оддерживающих буев желательно использовать тральные буи, оторые имеют стабилизаторы и на больших скоростях течения ержатся устойчиво.

В зависимости от глубины места постановка буйковой станции существляется по-разному.

При постановке буйковой станции на глубинах до 500 м отельные элементы буйковой станции раскладываются вдоль раочего борта судна в определенном порядке. Система якорей, соиненная с буйрепом, укладывается на досках на открытом есте в кормовой части судна (на откидном мостике, на открытой асти палубы, не огражденной фальшбортом и т. д.). Буйреп втуую растягивается на палубе между носовыми и кормовыми кнехами и его верхний конец соединяется с первым поддерживающим

буем. Второй поддерживающий буй, выведенный за борт на стрел или кран-балке, соединяется тросовыми концами (оттяжками диаметром 10—12 мм, длиной 25—35 м с первым поддерживаю щим буем и с вехой, на которой укреплен уголковый отражател и светильник.

Сначала на воду на тросовом конце опускается веха с уголко вым отражателем и с лебедки травится в воду размеченный отре зок троса (с концевым грузом весом 50—75 кг), на котором кре пятся кронштейны и приборы. Верхний конец троса с вертлюгом соединяется скобою с ры мом второго поддержи вающего буя. После это го второй поддерживаю щий буй опускается на во ду с помощью стрел (кран-балки) и дуплиня закреплённого на утке Далее, опять с помощы стрелы (кран-балки) дуплиня на воду спуска ется первый поддержива ющий буй и придержива ется у борта верхним кон цом буйрепа.

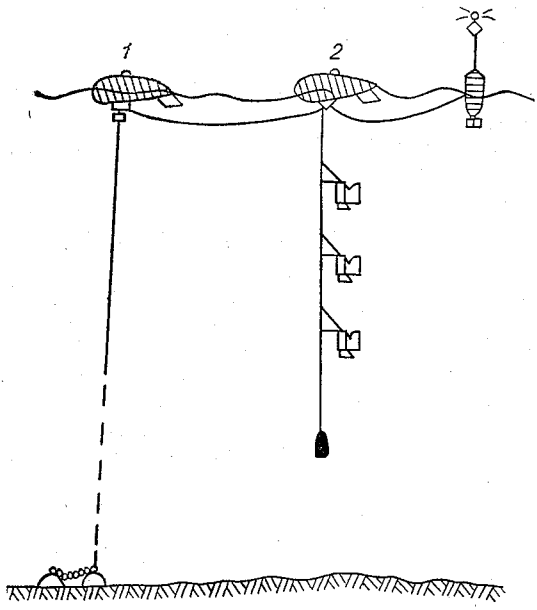


Рис. 20.3. Схема буйковой станции для средних глубин.

1, 2 — поддерживающие буи.

После окончания этог этапа работы судно дае самый малый ход и буй реп, длина которого опре делена заранее в соответ ствии с глубиной места втугую стравливается воду. Эта операция про изводится вручную. Дво сотрудников стравливаю буйреп в воду, а дво других сотрудников, находящихся возле носового и кормовог кнехтов, снимают с них шлаги буйрепа и в натянутом состояни подают их к борту. Когда весь буйреп выпущен за борт и вся буй ковая станция находится на воде в натянутом состоянии, сило натяжения буйрепа или с помощью рычага за борт сбрасываетс якорь. Примерно через минуту якорь достигает дна. На этом по становка буйковой станции заканчивается.

Следует иметь в виду, что во время вытравливания буйреп на ходу судна необходимо вести промер эхолотом, и если глубин места растет и начинает превышать длину буйрепа, то при помощ циркуляции судно имеет возможность вывести буйковую станци

[1] Дуплинь — трос, продернутый в рым буя, и конец его снова взят обрати так что оба конца находятся в распоряжении работающего.

а нужную глубину. Преимуществом этого варианта буйковой танции является следующее важное обстоятельство. Если буйкоая станция под воздействием сильного течения начнет притаплиаться или в связи со слабой держащей силой якорей на твердом рунте (гладкий скалистый грунт) начнет «сползать» в сторону ольшей глубины, и первый поддерживающий буй, соединенный уйрепом с якорем, начнет погружаться под воду, то в этом слуае вступает в действие дополнительная плавучесть второго подерживающего буя и их суммарная плавучесть оказывается в сотоянии поддержать всю систему на плаву.

Снятие станции производится в следующей последовательности: начала на борт с помощью кошки или отпорного крюка подниается сигнальная веха, от нее отсоединяется тросовая оттяжка заводится на барабан шпиля или турачку и к борту судна подягивается второй поддерживающий буй. С помощью стрелы он ывешивается над краем палубы и к огону верхнего конца троса приборами скобою присоединяется трос, идущий на барабан ебедки. После того как трос лебедки возьмет всю нагрузку на ебя, второй поддерживающий буй отсоединяется от троса, отвоится в сторону и начинается подъем троса с приборами и отсодинение от него приборов, кронштейнов и концевого груза. Далее, концу тросовой оттяжки, соединяющей второй и первый поддерживающие буи, присоединяется с помощью скобы трос, идущий на арабан лебедки. После того как трос лебедки возьмет нагрузки а себя, от тросовой оттяжки отсоединяется второй поддерживаюий буй и укладывается на палубу. Последующие этапы подъема уйковой станции аналогичны предыдущим.

При постановке автономной буйковой станции на глубинах боее 500 м все этапы постановки станции до момента опускания на оду первого поддерживающего буя проводятся так же как и при ышеописанной постановке буйковой станции на глубинах менее 00 м.

Разница заключается в том, что буйреп заранее не разносится о палубе между кнехтами, а намотан на барабан лебедки.

К первому поддерживающему бую перед его опусканием на воду репится еще одна тросовая оттяжка длиной 25—35 м. После этого помощью стрелы (кран-балки) и дуплиня первый поддерживаюий буй опускается на воду и удерживается у борта тросовой отяжкой или дуплинем, закрепленными на утку. Далее с помощью ран-балки и лебедки за борт выводится система якорей, соединенная с буйрепом, и опускается на дно. Когда весь буйреп (его длина пределена заранее в соответствии с глубиной места) смотан с ледки и якоря легли на дно, к верхнему концу буйрепа скобой приоединяется тросовая оттяжка, идущая к первому поддерживаюему бую и предварительно снятая с утки. После этого с лебедки ыстро стравливается 40—45 м троса и когда первый поддерживаюий буй примет нагрузку буйрепа на себя и на тросе, смотанном лебедки, образуется слабина, тогда трос отсоединяется от коренго конца на лебедке. Первый поддерживающий буй, удерживаемый

у борта дуплинем, освобождается от него и поставленная станция отходит от борта.

Снятие такой автономной буйковой станции осуществляется точно так же, как и станции, поставленной на глубине до 500 м.

Таким способом было поставлено более 30 автономных буйковых станций в Курильских проливах, где скорости поверхностного течения достигали в некоторые моменты времени 3,5 м/с.

20.7. Автономные буйковые станции для малых глубин и донные

Постановка автономных буйковых станций на глубинах менее 50 м может осуществляться любым из вышеописанных методов. Отличие от постановок на больших глубинах заключается в меньшем весе поддерживающего буя, диаметра буйрепа и якорей. В качестве поддерживающих буев рекомендуется использовать буи ГМ-46—ГМ-48 грузоподъемностью 175—500 кг, а также тральные поддерживающие буи.

Также целесообразно применять на малых глубинах, особенно для изучения придонных течений, донную автономную станцию типа «Колокол» (конструкции И. Н. Овсянникова) или типа «Пирамиды».

Основу станции типа «Колокол», схематически изображенной на рис. 20.4, составляет каркас *8*, состоящий из трех стоек, изогнутых в верхней части и смонтированных в виде колокола, опирающегося на кольцеобразное основание *10*. Высота колокола 4 м, диаметр основания 2,8 м[1]. Стойки и основание изготавливаются из трубок алюминиево-магниевого сплава диаметром 40 мм. Кольцо основания состоит из трех равных частей, соединенных воедино посредством железных тройников, которые одновременно служат и для крепления стоек к основанию. Для устойчивости установки на стойки у их основания надеваются металлические грузы *9* цилиндрической формы. В вершине каркаса стойки соединяются также посредством железного тройника, приваренного к отрезку стальной газовой трубы *3*, на нижнем конце которого имеется скоба для подвешивания прибора-самописца *5*.

Вершина каркаса соединена посредством базового троса *7* с буйрепа *14* с сигнальным буем *11*, находящимся на поверхности моря. Длина троса берется на 40 м больше глубины места постановки, а длина буйрепа берется приблизительно в полтора раза больше глубины. Металлический или железобетонный донный якорь *15* массой 75—100 кг удерживает сигнальный буй на месте постановки станции. Базовый трос и буйреп соединены между собой и якорем-грузом скобами *13* и вертлюгом *12*.

Для обозначения точного местоположения каркаса станции к его вершине крепится металлический трос *2* (диаметром 3 мм), на другом конце которого привязывается пенопластовый поплавок

[1] Размеры могут быть и другие.

1 грузоподъемностью 2—3 кг. Длина троса равна расстоянию от вершины каркаса до поверхности моря, с притравкой в 10—15%.

Во избежание наматывания на прибор базового троса на верхнюю часть каркаса накладывается и крепится растительным тросом предохранительное кольцо *4* диаметром 1,5 м, а на конец троса, соединяющегося скобкой с вершиной каркаса, надевается и крепится на нем тросовыми зажимами металлическая трубка *6* длиной около 1 м, которая после постановки станции ложится на предохранительное кольцо.

Постановка станции может выполняться как с судна, стоящего на якоре, так и с судна, находящегося в дрейфе.

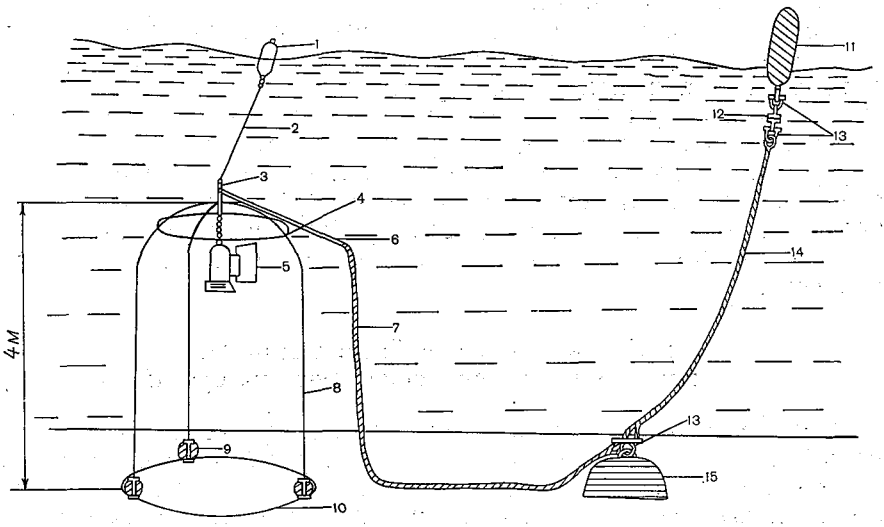


Рис. 20.4. Донная автономная станция для малых глубин.

1 — поплавок, *2* — металлический трос, *3* — трубка, *4* — предохранительное кольцо, *5* — прибор-самописец, *6* — металлическая трубка, *7* — базовый трос, *8* — каркас, *9* — металлические грузы, *10* — основание, *11* — сигнальный буй, *12* — вертлюг, *13* — скобы, *14* — буйреп, *15* — донный якорь.

С судна, стоящего на якоре, постановка станции производится в следующей последовательности. Судно выходит в заданную точку и становится на якорь. Затем измеряется глубина моря и отмеряется необходимая длина базового троса и буйрепа. Монтаж станции в экспедиционных условиях, на палубе судна, занимает не более 1 ч. В концы отмеренных тросов заделываются с помощью тросовых зажимов коуши. Буйреп снабжается вертлюгом и скобами, соединяется с базовым тросом (тросом, идущим от каркаса до якоря) и вся система наматывается на барабан грузовой лебедки. Собранный на палубе каркас соединяется с базовым тросом, выводится за борт с помощью грузовой стрелы, осторожно отводится от борта отпорным крюком и опускается до тех пор, пока вершина каркаса не окажется на уровне глаз наблюдателя. Далее к вершине каркаса подвешивается самописец, установка

опускается в море и устанавливается на дно. После этого судно подтягивается на якоре, а трос в это время постепенно вытравливается и расстилается по дну. При появлении места соединения с буйрепом к нему прикрепляется якорь, он выводится за борт и опускается на дно. Затем к концу буйрепа крепят сигнальный буй и ставят его на воду. Для облегчения поиска станции в створе надводных буйков и на расстоянии 300—400 м от последних необходимо устанавливать сигнальную веху.

В такой же последовательности производится постановка станции и с судна, находящегося в дрейфе. Только здесь растягивание тросовой системы по дну производится по мере натягивания троса в результате дрейфа судна.

Подъем донной станции на борт судна совершается в обратном порядке. Судно на малом ходу подходит к сигнальному бую и последний при помощи отпорного крюка или кошки поднимается на палубу и отцепляется от троса. Тросовая система станции наматывается на барабан грузовой лебедки, попутно выбирается и отсоединяется якорь и последним поднимается каркас. Как только вершина каркаса оказывается у борта судна, отсоединяют трос с пенопластовым поплавком, прибор-самописец снимают и после этого каркас поднимают на палубу. Затем снимают сигнальную веху.

20.8. Автономные буйковые станции с притопленными поддерживающими буями

При постановке обычных автономных буйковых станций на больших и средних глубинах дается притравка буйрепа порядка нескольких процентов от глубины места постановки станции. Заякоренный буй имеет собственные движения под воздействием переменного течения, волнения и ветра. Легко показывать, что при глубине места 4000 м и длине вытравленного буйрепа 4100 м (притравка 2,5%) поддерживающий буй может совершать движения внутри круга радиусом 900 м, что приводит к ошибкам в наблюдениях течений, иногда соизмеримым с наблюдаемыми скоростями течения. Рывки самописцев в верхних горизонтах, обусловленные волнением, также приводят к существенным погрешностям.

Для того, чтобы существенно уменьшить эти погрешности, целесообразно применять буйковые станции с притопленным поддерживающим буем. В этом случае можно полностью избежать ошибок за счет влияния волнения и в некоторой мере за счет собственных движений заякоренного буя.

Автономные буйковые станции с притопленными буями хорошо оправдывают себя в штормовых условиях, в районах с дрейфующими льдами и в районах с интенсивным судоходством.

Различные виды постановок буйковых станций с притопленными буями применяются на малых глубинах в течение длительного времени. Однако их применение на больших и средних глубинах связано с рядом технических трудностей, а именно с отсут-

ствием надежного оборудования, необходимого для комплектации автономных буйковых станций с притопленным буем. Прежде всего это относится к притопляемым поддерживающим буям и к акустическим размыкателям троса.

В настоящее время в качестве поддерживающих буев рекомендуется применять тральные поддерживающие буи со стабилизаторами плавучестью от 250 кг и выше. Корпуса этих буев изготовлены из прочного сплава, способного выдержать давление до 10 атм. Также применяются буи, изготовленные из прочных сортов пенопласта с наполнителем. Для легких станций можно применять корпуса якорных мин. Во всех случаях рекомендуется устанавливать притопленные поддерживающие буи по форме удлиненные в горизонтальном положении, что значительно уменьшает лобовое сопротивление и снижение буя течением.

То обстоятельство, что станции с притопленными буями до сих пор широко применялись лишь в местах с глубинами до 200 м, не должно рассматриваться как запрет ставить их на больших глубинах. Напротив, следует рекомендовать опытные постановки таких станций на глубинах до 1000 м и больше, проводя их при хороших погодных условиях и особенно тщательно подготавливая такелаж станции и подъемно-грузовые средства судна.

Схема автономной буйковой станции с притопленным буем для большой глубины. Схема такой станции показана на рис. 20.5. Порядок ее постановки почти не отличается от порядка постановки обычной буйковой станции, который подробно описан в п. 20.5. При этом следует иметь в виду присоединение к нижнему вертлюгу акустического размыкателя троса, который крепится замковой частью к концу якорного троса на первом этапе постановки станции. Все последующие этапы постановки проводятся в полном соответствии с порядком постановки обычной буйковой станции до заключительного этапа. Когда поддерживающий буй выведен за борт и пришвартован к борту швартовым тросом, в верхний рым буя продевается дуплинь и крепится за вторую утку. После этого за борт сбрасывается опознавательный буек, соединенный с буем отрезком троса (если не осуществляется скрытая постановка). Швартовый трос осторожно снимается с утки и, когда дуплинь примет на себя нагрузку, сбрасывается за борт. Медленно перетравливая свободный конец дуплиня через утку, опускают буй в воду. Затем свободный конец дуплиня отпускают, и он перетравливается через рым буя, который выходит на горизонт постановки. На этом заканчивается постановка станции.

Подъем притопленной буйковой станции ничем не отличается от подъема обычной якорной станции, но так как при всплытии поддерживающего буя после срабатывания акустического размыкателя якоря остаются на дне, то и подъем станции осуществляется легче.

Притопленная буйковая станция с одним сигнальным буем на двух якорях. Схема этой буйковой станции показана на рис. 20.6. Ее особенностью является применение в ней обтекаемого буя

с горизонтальной осью. В качестве поддерживающего буя берется стандартный тральный буй плавучестью 250—300 кг. Можно применять буи, изготовленные из прочных сортов пенопласта с наполнителем (для кратковременных наблюдений до 3 суток). В связи

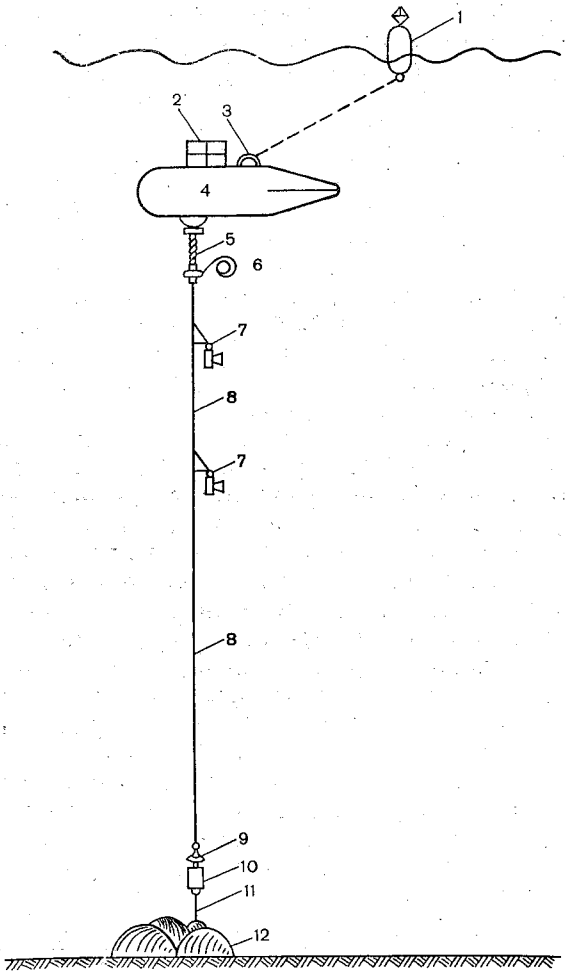


Рис. 20.5. Схема станции с притопленным буем для больших глубин.

1 — сигнальный буек, *2* — уголковый отражатель (необходим для поиска всплывшего буя), *3* — верхний рым с подъемным стропом, *4* — притопленный буй, *5* — цепь с двумя вертлюгами на концах, *6* — заводной конец буйрепа, *7* — кронштейн с приборами, *8* — буйреп, *9* — вертлюг, *10* — размыкатель троса, *11* — якорный трос, *12* — якоря.

с наблюдающимися на течении снижениями поддерживающего буя рекомендуется для контроля положения приборов по глубине применять самописцы глубины. Последовательность операций при постановке такой станции следующая.

Исходя из расчетной глубины места постановки и глубины положения поддерживающего буя, подготавливают буйреп от сигнального буя до якоря и от поддерживающего буя до якоря. В местах подвески приборов буйреп маркируется. Постановка станции начинается с опускания на воду сигнального буя. Далее на всю длину вытравливается первый буйреп, к концу которого прикреплен якорь и отрезок троса между первым и вторым якорями. В воду опускается первый якорь, удерживаемый отрезком троса между якорями, и затем второй якорь, в свою очередь удерживаемый вторым буйрепом. Второй буйреп травится до размегок, на местах которых крепятся приборы. Далее, как только бу-

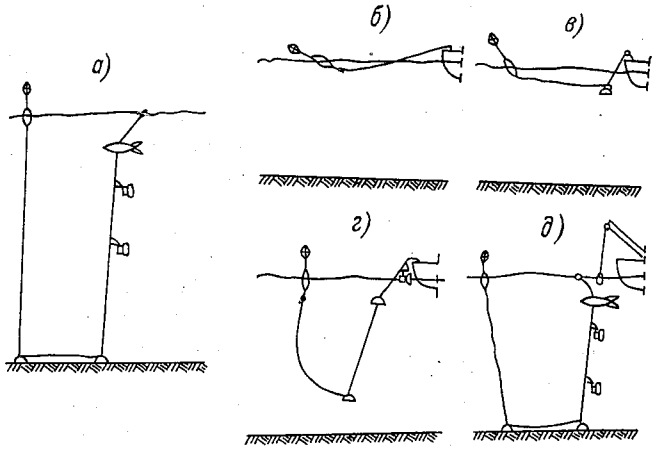


Рис. 20.6. Притопленная буйковая станция с одним сигнальным буем на двух якорях.

а — вид установленной станции в разрезе, *б* — спущен сигнальный буй, *в* — спущен первый якорь, *г* — спущен второй якорь и нижний самописец, *д* — спущен поддерживающий (притопляемый) буй.

дет вытравлен весь буйреп, к нему присоединяется поддерживающий (притопляемый) буй, заранее выведенный стрелою за борт. Поддерживающий буй опускается в воду на шкентеле грузовой стрелы, который снабжен специальным гаком как рычагом. Оттягивание рычага за линь с борта судна обеспечивает расцепление гака. Над буем рекомендуется на тонком лине выпускать сигнальный буек и после окончания постановки, ориентируясь на него, провести контрольное измерение глубины и положения буя.

Подъем станции, поставленной по такой схеме, начинается с подъема сигнального буя. После того как сигнальный буй поднят на палубу и начинается подъем первого буйрепа, отрывается от грунта первый, а потом и второй якорь, и поддерживающий буй всплывает на поверхность. Дальнейший подъем станции и снятие кронштейнов и приборов продолжают в зависимости от условий, исключающих спутывание двух тросов, начиная от якоря или реже от буя.

Притопленная буйковая станция с одним сигнальным буем на одном якоре. Станция состоит из удлиненного в горизонтальном направлении поддерживающего буя, буйрепа необходимой длины, кронштейнов, приборов-самописцев, якоря, сигнального буя и его буйрепа. В соответствии с предполагаемой глубиной места постановки станции и заглублением буя подготавливаются соответствующей длины буйрепы. К концам буйрепа притопленного буя прикрепляются отрезки цепи. Затем поддерживающий буй присоединяется к цепи и опускается на воду. В соответствии с показанием блок-счетчика на вытравливаемый буйреп прикрепляются кронштейны и приборы, а на конце буйрепа к цепи крепится якорь. К рыму якоря присоединяется буйреп сигнального буя, на котором и производится дальнейшее опускание якоря. После того как якорь достигнет дна, к буйрепу присоединяется сигнальный буй, который после этого сбрасывается в воду. Подъем буйковой станции производится в обратном порядке.

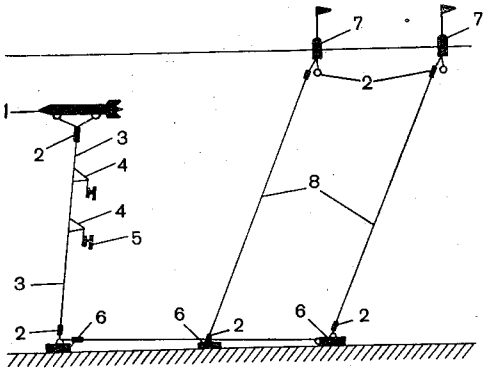


Рис. 20.7. Схема буйковой станции ААНИИ.

1 — поддерживающий буй, *2* — участки цепи, *3* — буйреп станции, *4* — кронштейн, *5* — приборы, *6* — якоря, *7* — сигнальные буи, *8* — буйреп сигнальных буев.

Схема ААНИИ. Специфика работ в морях с ледовым покровом обусловила выбор особой схемы автономной буйковой станции с притопленным буем. Повышенная прочность всех узлов буйковой станции является необходимым условием ее работы, когда ледовая обстановка становится реальной угрозой. Возможность потери сигнального буя при надвижении льдов на место постановки станции приводит к необходимости выставлять два и даже три сигнальных буя. Для улучшения условий поиска буйковой станции рекомендуется постановка промежуточной сигнальной вехи на некотором расстоянии от места постановки станции. Схема буйковой станции ААНИИ показана на рис. 20.7. Все участки буйрепов подходящие к буям и якорям, снабжены цепями. Порядок постановки и подъема станции подобен постановке и подъему буйковой станции по схеме рис. 20.6. Подобный порядок всех операций постановки и подъема дается в работе Е. И. Чаплыгина [187]. Буйковые станции такого типа применяются в районах с глубинами до 250 м. Промежуточные участки троса между якорями рекомендуется ставить длиною не менее 200 м.

20.9. Размыкатели троса

Постановка и снятие автономных буйковых станций, особенно на малых глубинах, могут осуществляться без размыкателей троса

при наличии опознавательных буйков и вех. Однако при скрытых постановках и постановках на глубинах более 1000 м размыкатель троса становится необходимым узлом конструкции автономной буйковой станции. Относительно простой и надежный программно-акустический размыкатель троса (РТ) разработан и испытан на больших глубинах Институтом океанологии им. П. П. Ширшова АН СССР. Он предназначен для отсоединения буйрепа от якоря притопленной автономной станции перед всплытием и подъемом ее по команде с судна или по истечении заданного интервала времени.

В комплект аппаратуры программно-акустического размыкателя троса входят: бортовой гидроакустической передатчик и размыкатель троса, состоящий из приемного устройства и исполнительного механизма (замка).

В основу работы аппаратуры гидроакустического передатчика положен метод частотной модуляции сигнала вызова по команде оператора.

Основные технические характеристики

Несущая частота, Гц	6200
Частота модуляции, Гц	450
Амплитуда модулирующего сигнала, мВ	3—25
Максимальная выходная электрическая мощность (при согласованной нагрузке), Вт	350
Продолжительность посылки сигнала, мс	20, 100, 200, 300, 400
Питание постоянное:	
напряжение, В	24
мощность, Вт	550

Предусмотрена возможность перестройки несущей частоты в соответствии с резонансной частотой излучателя в пределах 5500—7500 Гц. Генератор частоты модуляции может быть перестроен в зависимости от настройки низкочастотного тракта приемника. С выхода усилителя мощности сигнал по кабелю поступает на акустический излучатель, находящийся за бортом судна.

Размыкатель троса представляет собой приемное устройство, применяющее частотно-модулированный сигнал, поступающий от бортового гидроакустического передатчика, и управляющее работой исполнительного механизма (замка), помещенного в прочном водонепроницаемом корпусе.

Основные технические характеристики

Чувствительность приемника по несущей частоте, мкВ	1
Потребляемая мощность в дежурном режиме, мВт	10
Потребляемая мощность при наличии на выходе приемника сигнала с необходимой частотой, мВт	60
Потребляемая мощность при срабатывании замка, Вт	4,3
Напряжение питания, В	6

Исполнительный механизм представляет собой электромеханическое устройство замкового типа, предназначенное для крепления к размыкателю троса якоря и отсоединения его по окончании работы буйковой станции.

Несколько иная модель размыкателя троса для работы на малых глубинах разработана в Арктическом и антарктическом научно-исследовательском институте.

20.10. Рекомендации по обеспечению сохранности автономных буйковых станций в арктических морях

1. Применяемые в арктических морях автономные станции с надводными знаками предназначаются для установки только на чистой воде.

При работе с ними в морях, частично покрытых дрейфующими льдами, расстояние от станции в момент ее постановки до кромки льдов должно быть не меньше:

а) 30 миль в начале навигационного периода, когда ледовитость морей уменьшается за счет смещения кромки в генеральном направлении на север, от берегов в море;

б) 50—60 миль в середине и в конце навигационного периода, когда ледовитость изменяется незначительно, но увеличивается вероятность смещения кромки в генеральном направлении к берегам.

2. В случае, если кромка льдов приблизится к станции на расстояние 15 миль или меньше, автономная станция подлежит снятию при первой возможности.

3. Исключения из вышеуказанных рекомендаций допускаются только при условии, что экспедиционное судно находится в непосредственной близости от автономной станции и может снять ее при угрожаемой ледовой ситуации немедленно.

4. Вблизи станции, располагаемой в открытом море, следует установить две сигнальные вехи.

5. Проверка автономных станций производится не реже, чем через 20 суток. При устойчивых благоприятных ледовых и метеорологических условиях проверка может быть произведена через 30 суток.

6. В течение всего периода работы станции необходимо:

а) поддерживать непрерывную связь с научно-оперативными группами штабов морских операций, сообщать им координаты мест установки станций и запрашивать информацию о возможности смещения льдов в район установки станций;

б) следить за перемещением кромки льдов по данным метеорологических и ледовых прогнозов, передаваемых на экспедиционное судно.

В случае возникновения сложной ледовой обстановки, угрожающей безопасности буйковой станции, принять эффективные меры для ее снятия.

7. Успех поисков автономных станций в ледовых условиях в большей мере зависит от сохранности надводных знаков, обеспечивающих возможность визуального и радиолокационного обнаружения станции.

Глава 21. АВТОМАТИЧЕСКИЕ ТЕЛЕМЕТРИЧЕСКИЕ БУЙКОВЫЕ СТАНЦИИ

Комплексную оперативную информацию о состоянии и развитии гидрометеорологических процессов во времени и пространстве могут дать длительные синхронные наблюдения в фиксированных на местности (в океане) пунктах. Другими словами — на больших акваториях океана должна быть создана сеть автоматических буйковых станций (АБС). Это предусматривается и Объединенной глобальной системой океанских станций (ОГСОС). Именно для этих целей и создан «Управляемый автоматический буйковый измерительный комплекс «Скат» с передачей информации по радио», разработка которого выполнена в Морском гидрофизическом институте АН УССР, и другие автоматические телеметрические гидрометстанции, разработанные в Гидрометслужбе.

Станции ГМ-33 (радиоизмеритель течений) и АРИВ (автоматический радиоизмеритель ветра), описываемые в этой главе, и радиоволнограф (гл. 13) выполняют ту же задачу, но в более узком плане, выдавая информацию о малом числе параметров, а станция АЦИТТ, измеряющая течения, температуру, электропроводность (соленость) воды, гидростатическое давление, предназначена для накопления измеряемых параметров (как БПВ, ФТГ), но может быть использована и для оперативной информации через акустический канал связи.

21.1. Автоматическая буйковая гидрометеорологическая станция «СКАТ»

АБС «Скат» обеспечивает синхронные измерения гидрометеорологических элементов в течение длительного времени с возможностью изменения дискретности замеров. Автономность постановки АБС — шесть месяцев. Дальность устойчивой радиосвязи 100 миль. Береговой и судовой радиоцентры связаны с соответствующими вычислительными центрами обработки данных. Это позволяет по результатам обработки информации, вводимой в ЭВМ непосредственно с автоматических буйковых станций, установленных в море, оперативно изменять режимы их работы и проводить управляемые эксперименты.

АБС «Скат» дает информацию о направлении и скорости ветра, температуре и влажности воздуха в приводном слое атмосферы, температуре поверхностного слоя воды, а также о направлении и

скорости течения, электропроводности, температуре и гидростати ческом давлении на 16 различных глубинах (табл. 21.1).

Таблица 21.

Диапазоны измеряемых параметров и погрешности измерения АБС «Скат»

Параметры	Диапазон измерения	Погрешность измерения
Океанографические:		
температура воды, °С	−2— +39	± (0,03+0,005T°С)
электропроводность, мСм/см	13—68	± (0,03+0,01E)
гидростатическое давление, атм	0—200	0,8% от $P_{макс}$
течение:		
направление, °	0—360	±3
скорость, см/с	0,5—100	1%
Метеорологические:		
температура воздуха, °С	−10— +32	±0,1
температура поверхностного слоя воды, °С	−2— +32	±0,1
влажность воздуха, %	30—100	5% до 0°С, 10% до −10°С
ветер:		
направление, °	0—360	±1 румб
скорость, м/с	1,5—40	±1 м/с до 12 м/с 5% (от скорости) до 40 м/с

Устройство АБС «Скат». Основой комплекса служит заякорен ная АБС, состоящая из поверхностного буя, мачты с антенной блоком метеодатчиков, аппаратуры телеметрии, глубоководны измерительных приборов и блока электропитания.

Для оперативного управления АБС: включения и выключени аппаратуры, перевода ее в различные режимы работы, дистанци онной настройки передатчика, подзавода бортовых часов, а такж для передачи измерительной и служебной телеметрической инфор мации станция оснащена двумя радиоканалами — коротковолно вым и ультракоротковолновым, каждый канал состоит из команд ной и информационной радиолиний. Общая схема станции приве дена на рис. 21.1.

Измерительная аппаратура АБС «Скат». В качестве глубоко водного измерительного устройства станции используется «изме рительный горизонт». Блок-схема его приведена на рис. 21.2 Блок-схема содержит: измерительные датчики *3*, коммутатор ка налов *2*, преобразователь аналог-код *4*, схему управления *1* и бло питания *5*. Измеряемые характеристики и их изменчивость отобра жаются посредством датчиков в сопротивление R и ΔR соответс венно. С помощью схемы управления и коммутатора каналов да

ики по очереди подключаются к преобразователю аналог-код. Преобразователь выполнен по схеме последовательного поразрядного взвешивания эталонных проводимостей. Преобразованный сигнал в виде двоичного кода по линии связи поступает в аппаратуру управления плавающего буя. Здесь он записывается на оперативное запоминающее устройство (ОЗУ) и, кроме того, поступает на модулятор передатчиков КВ или УКВ канала связи для передачи на береговой или судовой радиоцентр.

Таких измерительных горизонтов на АБС «Скат» может быть установлено 15 с расположением нижнего из них на глубине 2000 м. В качестве линии связи между измерительными горизонтами и буем в АБС применен четырехжильный морской кабель с резиновой изоляции типа КМУ. Все измерительные горизонты подвешиваются с помощью стандартных гидрологических угольников на становом тросе АБС. Подвеска измерительных горизонтов осуществляется как на стандартных гидрологических глубинах, так и на других, в зависимости от поставленной задачи.

В качестве измерительного устройства для измерения метеорологических параметров в АБС применен блок метеодатчиков судовой дистанционной метеостанции типа ГМ-6. Далее

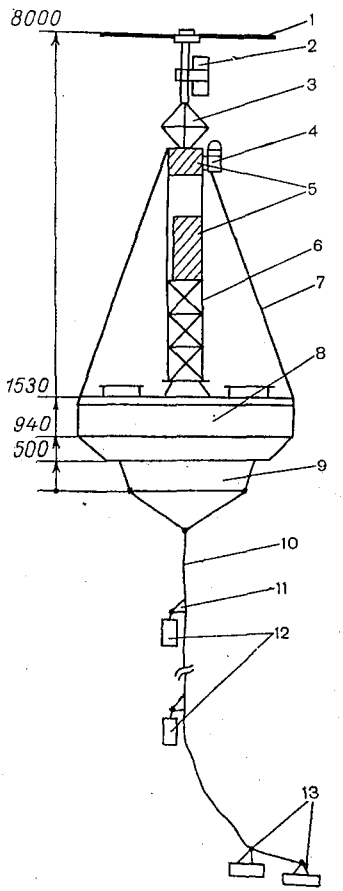


Рис. 21.1. Общая схема АБС «Скат».

1 — антенна передатчика, 2 — передатчик, 3 — радиолокационный отражатель, 4 — проблесковый светильник, 5 — метеодатчики, 6 — мачта, 7 — антенна приемника, 8 — корпус буя, 9 — балластный отсек, 10 — якорная линия, 11 — кронштейн, 12 — приборы измерительного горизонта, 13 — якоря.

(см. блок-схему рис. 21.2) установлен преобразователь аналог-код, который по своему принципу действия одинаков с преобразователем на гидрологическом горизонте. Для измерения направления и скорости ветра сигналы от соответствующих датчиков поступают на время-импульсные преобразователи аналог-код, причем скорость ветра осредняется за 100 с; как и в гидрологическом горизонте, двоичные коды метеорологических параметров поступают в ОЗУ буя и на модулятор передатчика.

Следующей измерительной системой, установленной на борту АБС «Скат», является система телеметрического контроля за

работой аппаратуры и поведением конструкций станции в морских условиях.

Телеметрическая система контроля состоит из датчиков, коммутатора каналов и время-импульсного преобразователя аналог-код. От этой системы на береговой или судовой радиоцентр поступает информация о напряжениях основных источников питания станции и токах потребления, о мощности КВ передатчика и чувствительности приемника, об углах качания антенны и углах закручивания якорной линии АБС.

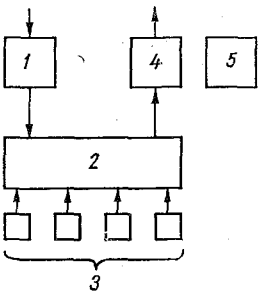


Рис. 21.2. Блок-схема измерительного горизонта «Скат».

1 — схема управления, *2* — коммутатор каналов, *3* — измерительные датчики, *4* — преобразователь аналог-код, *5* — блок питания.

В целом АБС имеет 21 служебный канал для передачи контрольной информации. Система включается и выключается по специальным радиокомандам, передаваемым с берега или судна.

Аппаратура управления АБС «Скат». Блок-схема аппаратуры управления приведена на рис. 21.3, в ее составе имеются синхронизатор *2*, блок автоматики *4*, блок приема команд и обработки информации *1*, оперативное запоминающее устройство *6*, программный блок *3*, блоки питания *7*. В зависимости от команды, поступившей по радиоканалу на АБС, блок автоматики осуществляет включение в работу в требуемый режим тех или иных устройств станции. С помощью синхронизатора и блока приема команд аппаратура управления вырабатывает определенный набор сигналов для включения глубоководных измерителей *5* — так называемую синхросмесь. От вида синхросмеси зависит режим работы измерительного горизонта *5* и, следовательно, режим измерений.

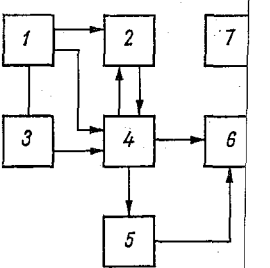


Рис. 21.3. Блок-схема аппаратуры управления «Скат».

В отсутствии команд извне аппаратура управления переключается на работу от программного блока. В этом случае станция автоматически осуществляет измерения и передачу по радио океанографических параметров с дискретностью, заданной программой.

Радиолинии станции «Скат». *Командная радиолиния* КРЛ. Для подачи команд используется частотно-временнóй метод кодирования. Применение N звуковых модулирующих частот позволяет получить $K=2^N-1$ различных команд. КРЛ АБС имеет команды при пяти модулирующих частотах, причем наборы из

команд используются дважды. Приемник АБС работает постоянно в дежурном режиме.

Информационная радиолиния ИРЛ. В информационном радиоканале применен однополосный метод передачи информации в двоичном коде, что повышает экономичность и помехоустойчивость канала связи. При передаче данных в режиме непосредственного замера импульсы «нулей» и синхрочастоты не передаются. Синхрочастота вырабатывается на приемном центре специальным кварцевым генератором, работа которого синхронизируется передним фронтом начала кадра (сбросом). При передаче информации с магнитного накопителя имеется возможность неоднократного считывания данных на повышенной скорости (200 бод), что позволяет исключить сбои в случае поражения сигнала помехой. В автоматическом режиме работы станции информационный передатчик включается через каждый час или другой интервал времени, заданный программой, на одну минуту и передает данные гидрологической и метеорологической обстановки в текущий момент времени. В случае невозможности выключения АБС по какой-либо причине в управляемом режиме работы вся аппаратура выключается автоматически через 12 мин после начала сеанса связи. Это предохраняет аппаратуру и источники питания от перегрузок.

Навигационное и аварийное оборудование АБС «Скат». На АБС предусмотрены меры безопасности станции, безопасности мореплавания, а также средства поиска и обнаружения ее при съеме или профилактике. Блоки аппаратуры помещены в герметическом корпусе. Отсеки буя герметично отделены друг от друга. В случае разгерметизации любого из отсеков и попадания воды в него автоматически включается передатчик, который подает аварийный сигнал с указанием номера затекшего отсека.

На антенне-мачте размещены проблесковые огни ближнего и дальнего действия и радиолокационный уголковый отражатель. При поиске станции используется также сигнал информационного передатчика, включаемого автоматически или по команде с судна.

В качестве источников питания аппаратуры АБС «Скат» используются батареи элементов типа МЦ-100 с общим максимальным напряжением 30 В, либо аккумуляторы.

Береговой (судовой) информационный радиоцентр. Судовой или береговой радиоцентр оснащен аппаратурой командной и информационной радиолинии, устройствами ввода данных в ЭВМ, устройствами регистрации и накопления информации, устройствами вывода результатов расчета с вычислительного центра на радиоцентр.

Работа с комплексом «Скат». Постановка станции «Скат» в море существляется научно-исследовательским судном, имеющим грузовые стрелы или кран грузоподъемностью не менее 7,5 т. Постановка осуществляется по схеме буй—якорь как наиболее безопасной для конструкции буя. После постановки производится детальная проверка аппаратуры станции с помощью судового радиоцентра.

По результатам проверки принимается решение о включении в требуемый режим работы (табл. 21.2, 21.3).

Таблица 21.2

Наиболее важные режимы АБС «Скат»

Режим	Измеряемый параметр	Дискретность замеров, мин	Время на один замер, с	Количество замеров
Первый (автоматический)	Все океанографические параметры на 15 глубинах	1, 10, 20, 30, 60	60	По 1 замеру
	Все метеорологические параметры в приводном слое атмосферы	30, 60, 90, 180	10	1 замер
Второй (управляемый по радио)	Все океанографические параметры на выбранной глубине	0,6	3,3	Не ограничено
	Все метеорологические параметры в приводном слое атмосферы	0,12	7,2	То же
Третий (управляемый по радио)	Любой океанографический параметр на всех 16 глубинах	1	60	„
Четвертый (управляемый по радио)	Любой океанографический параметр на любой выбранной глубине	0,007	3,6	„

Уход за комплексом «Скат» и его проверка. Перед постановко АБС в море производится полная проверка работоспособности ап паратуры буя: радиоканалов, дешифратора команд, автоматики измерителей, накопителя информации, проблесковых огней. Про верка осуществляется по командам судового управляющего радио центра или с помощью переносного командного пульта.

При работе с АБС, стоящей в море, по командной радиолини с судна (берега) подаются команды:

«Включение» буя — при этом выходит в эфир буйковый пере датчик;

«Настройка» — для установления максимума излучаемой радио передатчиком мощности;

«Имитатор» сигналов информации — для подстройки приемной и обрабатывающей аппаратуры на борту судна;

«Отбой» настройки и имитатора.

Затем подаются команды для установления желаемого режим работы любого или всех измерительных горизонтов.

Таблица 21.3

Служебные режимы АБС «Скат»

Режим	Время на 1 опрос, с	Общее время работы
Замеры напряжений основных источников питания и токов потребления в аппаратуре буя	3,6	Не ограничено
Измерения углов качания буя в двух главных плоскостях	3,6	То же
Работа с оперативным запоминающим устройством АБС	600	„
Работа с имитатором по определению условия прохождения радиоволн	—	„
Дистанционная подстройка КВ передатчика	—	Время подстройки не более 1 мин
Перевод станции на работу с УКВ радиоканалом	Перевод не более 4 с	Не ограничено
Подзавод часового механизма блока программ АБС	—	Не более 3 мин

После снятия буйковой станции и подъема буя на борт судна необходимо выключить питание дежурного приемника тумблером, установленным снаружи буя под герметизирующим мягким резиновым колпачком.

Производится наружный осмотр буя, такелажа, мачты. Особое внимание следует обратить на состояние датчиков, установленных на корпусе буя, сальников ввода кабелей, антенн. Необходимо обмыть корпус пресной водой. При отсутствии неисправностей буй, закрепленный на палубе, оставляется до следующей постановки. В случае длительного перерыва в работе экспедиции мачта снимается, буй зачехляется либо помещается на хранение в трюм. Аппаратура, размещенная в отсеках буя, может находиться там все время экспедиции. При необходимости она извлекается для проверки в лабораториях судна.

Уход за механическим оборудованием и такелажем АБС не отличается от такового для буев аналогичных типов.

21.2. Буйковая станция ГМ-33 для измерения течений и передачи информации и дистанционный самописец течений ГМ-45

Радиоизмеритель течений. Радиоизмеритель течений ГМ-33 разработан в Государственном океанографическом институте. Прибор предназначен для дистанционной регистрации скорости и направления течения на горизонтах до 250 м на протяжении длительного промежутка времени в нескольких пунктах, расположенных в радиусе действия канала связи. Регистрация течений может производиться как на судне, так и на берегу.

ГМ-33 может быть использован в стационарных и экспедиционных условиях как в оперативно-информационных, так и в научно-исследовательских целях для изучения пространственно-временно́й изменчивости морских течений.

Основные технические характеристики

Диапазон регистрации течения:	
скорость, см/с	4—300
направление, °	0—360
Точность измерения:	
скорости, см/с	±(2+3%)
направления, °	±10
Начальная чувствительность прибора, см/с	примерно 2
Дистанция пеленгования радиобуя в море, мили (при высоте приемной антенны 13—16 м и передающей —7 м)	18—25
Расстояние, на котором прибор позволяет регистрировать течения, мили (при высоте приемной антенны 13—16 м, передающей — 7 м)	15—18
Питание от сети постоянного тока	
напряжение, В	220
мощность, кВт	1,0
Питание от сети переменного тока:	
напряжение, В	110
частота, Гц	50
мощность, кВт	0,4

Дальность действия системы зависит от высот передающей и приемной антенн и от интенсивности волнения.

Регистрировать течения можно непрерывно или по заданной программе: при измерениях на двух горизонтах — по 5 мин через каждые 30 мин; при измерениях на одном горизонте в течение 10 мин через каждые 30 мин. Автономность работы по программе составляет примерно 30 сут при непрерывной регистрации течений примерно 10 сут.

Прибор работает в ультракоротком полутораметровом диапазоне радиочастот (216±1,5 мГц). Питание передающей аппаратуры осуществляется комплектом гальванических батарей.

Вертушка и регистратор ГМ-33 позволяют измерять течение непосредственно с судна, стоящего на якоре без использования радиобуя.

Устройство ГМ-33. ГМ-33 состоит из передающей и приемной частей, соединенных одноканальной радиолинией связи. Передающая часть — радиобуй — включает электроконтактную вертушку с помощью которой измеренные скорость и направление течения преобразуются в определенную последовательность замыканий его рабочих контактов. При каждом срабатывании контакта радиопередатчиком излучается серия (пакет) радиоимпульсов несущей частоты. Последние принимаются, усиливаются и регистрируются приемной частью, установленной на судне или на берегу. Скорость и направление течения относительно магнитного меридиана опре

еляются по данным обработки ленты в зависимости от частоты взаиморасположения зарегистрированных на ленте импульсов.

Передающая аппаратура прибора—радиобуй. К бую *2* (рис. 21.4), становленному на якоре, на кабеле *13* подвешиваются две вер-

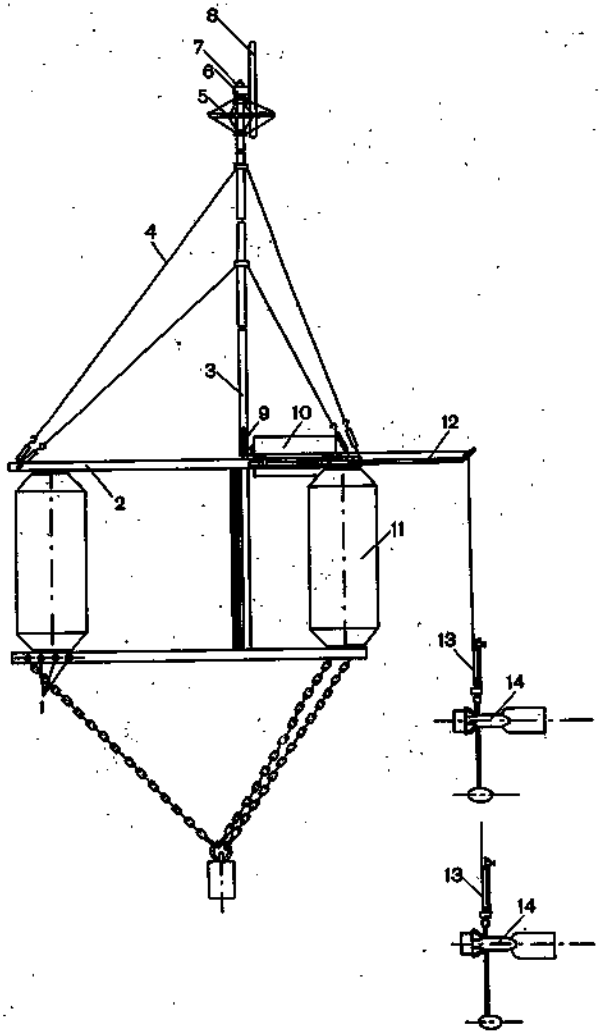


Рис. 21.4. Общий вид радиобуя ГМ-33.

1 — отверстия, *2* — буй, *3* — мачта, *4* — растяжки, *5* — винипластовое кольцо, *6* — радиопередатчик, *7* — светомаяк, *8* — антенна, *9* — многожильный кабель, *10* — контейнер, *11* — поплавки, *12* — штанги, *13* — кабель, *14* — вертушки.

ушки *14*. На верхней раме буя укреплен металлический контейнер *10*, в котором размещены источники питания и модулятор программным устройством. Мачта *3*, укрепленная растяжками *4*, служит для установки радиопередатчика *6* с антенной *8*

и светомаяком *7*. Внутри мачты проложен многожильный кабель соединяющий радиопередатчик с контейнером. К последнему пр соединяются и кабели, идущие от вертушек. К верху мачты вокр передатчика монтируется винипластовое кольцо *5*, служащее д предохранения передатчика от повреждения при подъеме и спус буя на воду. Ниже дается краткое описание основных узлов р диобуя.

Вертушка. Общий вид вертушки показан на рис. 21.5. Ве тушка состоит из лопастного винта *2* (крыльчатки), защищенно

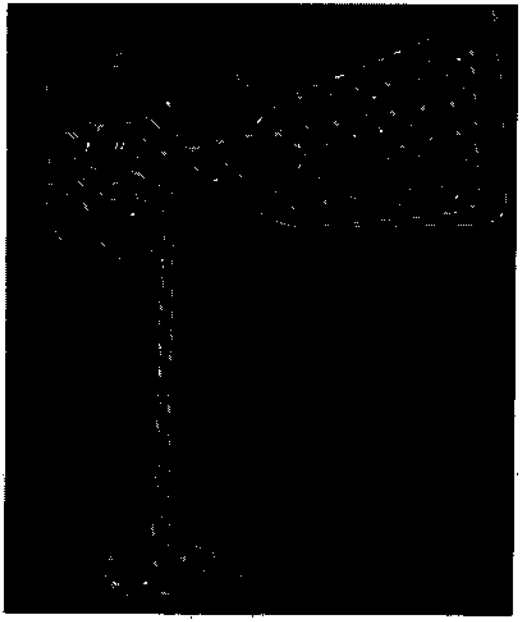


Рис. 21.5. Вертушка ГМ-45 радиоизмерителя течений.

1 — цилиндрическое кольцо, *2* — лопастный винт, *3* — гидродинамический стабилизатор, *4* — латунный корпус, *5* — руль, *6* — противовес.

цилиндрическим кольцом *1*; латунного корпуса *4*, внутри которо смонтирован механизм преобразователя скорости и направлен течения в электрические импульсы; руля *5*; гидродинамическо стабилизатора *3* и противовеса *6*.

Приемной частью вертушки служит шестилопастный винт с горизонтальной осью вращения. Лопасти винта изготовлены органического стекла и представляют собой плоские лепестк имеющие форму трапеции. Угол установки их 45°. Лопастный ви вращается под действием течения. Его вращение передается п средством магнитной муфты механизму, находящемуся внутри ге метического корпуса *4*, преобразующему число оборотов в электр ческие импульсы. В корпусе на карданном подвесе установле

акже компасная рамка, ось которой несет на себе рычаг контакт-ого устройства; валиком шестерни через рычаг производится за-ыкание контакта при каждом пятом обороте винта, фиксируя аким образом скорость течения. Верхняя часть этого же валика, меющая сегментный срез, замыкает рычагом, укрепленным на орпусе вертушки, тот же контакт через каждые 10 оборотов инта. Положение рычага меняется с поворотом вертушки в го-изонтальной плоскости относительно магнитного меридиана. ледовательно, расстояние на ленте регистратора между импуль-ами скорости и направления в долях расстояния между двумя оследовательными импульсами скорости, умноженное на 360°, пределяет в градусах направление течения. Для стабилизации тклонения магнитной рамки на ее оси установлена вертикальная ластинка, играющая роль демпфера, гасящего колебания рамки. игналы вертушки передаются к контейнеру по двухжильному ка-елю типа ПСМШ. Герметизация вертушки и кабельного разъема роизведена эпоксидной смолой и резиновыми шайбами.

Для того чтобы корпус вертушки, в котором расположен внут-енний механизм, не подвергался действию избыточного давления, нутрь его заливается масло. Для компенсации температурного асширения масла установлен сильфон-компенсатор. Компенсация существляется автоматически за счет сжатия или расширения ильфона.

Корпус вертушки покрыт снаружи кожухом обтекаемой формы, которому прикреплено *V*-образное вертикальное оперение *5* руль). Горизонтальное оперение заменено системой — гидродина-ический стабилизатор *3* и противовес *6*. Это удерживает вертушку горизонтальном положении при скоростях течения до 3 м/с и страняет возможные вертикальные перемещения вертушки при ачке буя на волне. При скоростях течения до 1 м/с можно обхо-иться без гидродинамического стабилизатора.

Буй радиоизмерителя течений состоит из трех пено-ластовых поплавков *11* (рис. 21.4), соединенных между собой варными стальными рамами треугольной формы. Плавучесть буя римерно 1100 кг. Масса его с оснасткой около 400 кг. Для удоб-тва транспортировки буй разбирается.

В нижней раме буя имеется ряд отверстий *1* для крепления помощью цепей груза-балансира и якоря. Наличие их позволяет ыбрать места крепления цепей таким образом, чтобы статический рен буя не превышал 10°.

На верхней раме буя размещены две выдвижные штанги *12*, на оторых подвешиваются кабели с вертушками *14*. На раме укреп-ен также контейнер *10*. Для укладки оставшегося в запасе кабеля крепления вертушки верхняя и нижняя рамы снабжены скобами.

Мачта *3*, к которой на высоте около 7 м над уровнем моря станавливается радиопередатчик, своим нижним концом встав-яется в стакан, приваренный к рамам. Верхняя часть мачты кре-ится двумя рядами тросовых оттяжек *4*, нижние концы которых набжены талрепами. Мачта состоит из трех разъемных частей.

Две нижние части металлические, а верхняя, длиной около 1 м,— винипластовая. Внутри мачты проложен кабель, соединяющий с помощью герметических разъемов передатчик с контейнером.

Контейнер предназначен для размещения в нем сухих гальванических источников питания и модулятора. Он выполнен в виде герметического сварного корпуса со съемной крышкой, снабженной горловиной. Последняя позволяет, не открывая крышку контейнера, производить контрольный замер напряжения источников питания, переводить стрелку часов программного механизма в необходимое положение, устанавливать режим работы передающей части радиоизмерителя течений и отключать при завершении работ источники питания от схемы. В рабочем положении горловина и контейнер в целом должны быть герметически закрыты. Для надежности работы помещенной в контейнере аппаратуры при повышенной влажности на дне его уложен силикагель. На боковой стенке контейнера приварены три штуцера герметических разъемов, два из них служат для подключения кабелей вертушек, а третий для подключения кабеля передатчика.

В каждом комплекте источников питания передающей части аппаратуры, рассчитанном на нормальную работу прибора в течение 30 сут, содержатся следующие батареи:

Марка источника питания	Назначение	Количество, шт.	Номинальное напряжение, В
100 АМЦГ-У-2,0	Питание анодной цепи передатчика	4	400
100 АМЦГ-У-2,0	Питание электрочасов	1	50
1,3 НВМЦ-250	Питание накала ламп передатчика и лампочки светомаяка	5	6,5
1,35 ТВМЦ-50	Питание реле включения накала	2	1,35
1,35 ТВМЦ-50	Питание реле включения анодного напряжения передатчика	2	2,70

Модулятор с программным устройством. Радиопередатчик ГМ-33 работает в телеграфном режиме. Модуляция по аноду осуществляется замыканием цепи анодного напряжения в момент контакта вертушки. Модулятор в этой системе выполняет роль коммутатора цепей питания вертушек и включает часы с электроподзаводом, снабженные программным контактирующим устройством реле РКМН, контакты которого прерывают анодное питание передатчика; реле РКН, снимающее питание накала ламп передатчика.

Подзавод электрических часов осуществляется соленоидом, находящимся в корпусе часов.

Программное устройство предназначено для последовательного включения и выключения передатчика на определенный срок в заданный режим работы. Устройство обеспечивает возможность работы в непрерывном режиме при подключении одной из вертушек по следующей программе: две вертушки по 5 мин или одна в те

чение 10 мин каждые 30 мин. Перед началом передачи информации каждого датчика, а затем в конце сеанса записи в течение непродолжительного времени в эфир передается контрольный сигнал для разделения между собой информаций датчика *1* и датчика *2* и для предупреждения об окончании работы передатчика. Работа по программе существенно удлиняет период автономной работы прибора в море.

В программном устройстве контактный диск установлен на часах неподвижно, а часовая стрелка, двигаясь поочередно, подключает датчики на заданный режим работы. Включение и выключение питания цепей передатчика и модулятора осуществляется тумблером «питание—выкл.», установленным на лицевой панели модулятора. Режим непрерывной работы или работы по программе осуществляется переводом второго тумблера в положение «непр.» или «пр.». На верхней панели программного устройства расположены также третий тумблер «5 мин — 10 мин» и контактный диск часов.

Модулятор включает также электронную схему управления лампой светомаяка, расположенной под прозрачным колпачком на передатчике. Она обеспечивает зажигание через определенные промежутки времени лампочки накаливания радиопередатчика в темное время суток. Схема управления состоит из конденсатора *C2* неоновой лампочки *Л1*, сопротивления *R7*, двух полупроводниковых триодов и фотосопротивления, вмонтированных в корпусе передатчика. В светлое время суток система не действует.

Радиопередатчик служит для генерирования высокочастотных колебаний. Генерация прерывается снятием анодного питания. Полученные «пакеты» высокочастотных колебаний излучаются антенной в эфир и являются информацией скорости и последовательности замыкания контактов вертушки.

Антенна передатчика представляет собой полуволновой петлевой вибратор, выполненный из дюралюминиевой проволоки. Исходя из заданной рабочей длины волны и лучшего согласования с рабочей линией, выбраны следующие линейные размеры антенны: длина 620 мм, расстояние между линиями петли 32 мм, диаметр 3 мм.

Антенна связана с передатчиком при помощи съемной линии, которая для более точного согласования расположена над рабочей линией.

Радиопередатчик заключен в корпус, изготовленный из прочной пластмассы. Корпус разъемный и состоит из основания и крышки, соединяемых между собой с помощью резиновой прокладки. На основании радиопередатчика в керамической панели установлена радиолампа и смонтированы элементы радиосхемы. На стойке укреплен патрон лампы светомаяка, прикрытый линзой, рассеивающей свет только в плоскости горизонта.

К дну основания с внешней стороны прикреплен штепсельный герметичный разъем, который соединяет передатчик с кабелем, идущим к контейнеру, и удерживает передатчик на мачте.

На нижней плоскости передатчика смонтировано фотосопротивление, выполняющее функции регулятора узла управления сигнальной лампы. От брызг фотосопротивление защищено стеклом. Петлевой вибратор антенны укреплен на двух специальных винтах, соединяющих антенну с линией связи.

Основные технические характеристики

Несущая частота, МГц	216±1,5
Поляризация излучения	Вертикальная
Средний анодный ток, мА	не более 9
Мощность передатчика в импульсе, Вт	2,5

Приемная аппаратура. Приемная аппаратура радиоизмерителя течений, устанавливаемая в лабораторном помещении судна или на берегу, выполняет следующие функции: прием и усиление сиг-

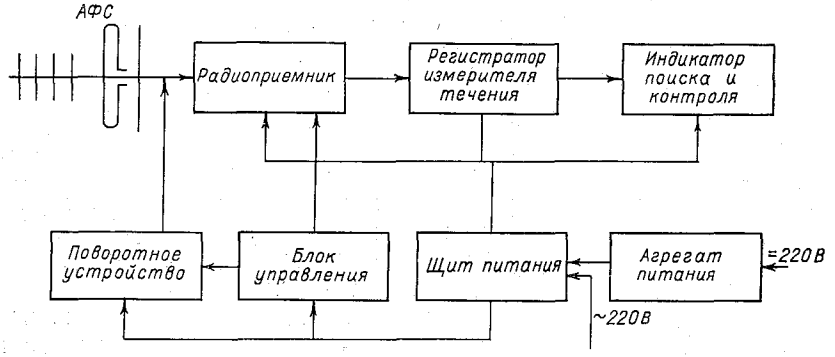


Рис. 21.6. Блок-схема приемной аппаратуры ГМ-33.

налов радиопередающей части, демодуляцию этих сигналов в электрические величины, удобные для регистрации; регистрацию принятой информации на ленте самописца, наведение антенны на радиобуй для его поиска в море.

Блок-схема приемной аппаратуры представлена на рис. 21.6. Она включает в себя: антенно-фидерную систему, поворотное устройство, радиоприемник, блок управления, индикатор поиска и контроля, щит питания, агрегат питания, регистратор течений.

Антенно-фидерная система (АФС) устанавливается вместе с поворотным устройством на топе грот- или фок-мачты судна. АФС предназначена для приема сигналов передатчика радиобуя и определения направления на него. АФС рассчитана на работу в диапазоне частот 214—219 МГц. Частота настройки АФС 216,5 МГц.

Основные технические характеристики

Ширина диаграммы направленности по уровню 0,707 от максимальной напряженности поля, ° (для частоты 216,5 МГц)	44±2,5
Напряженность поля в направлении боковых лепестков диаграммы направленности, % (от напряженности поля основного лепестка)	30
Коэффициент бегущей волны АФС	0,8

АФС состоит из трех основных частей: антенны типа «волновой канал», согласующего *V*-колена и фидера снижения. Антенна имеет сетчатый рефлектор *5* (рис. 21.7), четыре директора *3*, петлевой вибратор *4* и стабилизатор *7*, укрепленные на стальной трубчатой стреле *2*. Стабилизатор балансирует антенну при ветровых нагрузках. Антенна закреплена в стакане *1* поворотного устройства *6*.

Радиоприемник предназначен для приема и усиления принятых антенной сигналов передатчика и преобразования их в импульсы, удобные для последующей регистрации и прослушивания с помощью телефона.

Блок управления служит для управления поворотом приемной антенны прибора. Кроме того, в блок конструктивно включен узел питания приемника.

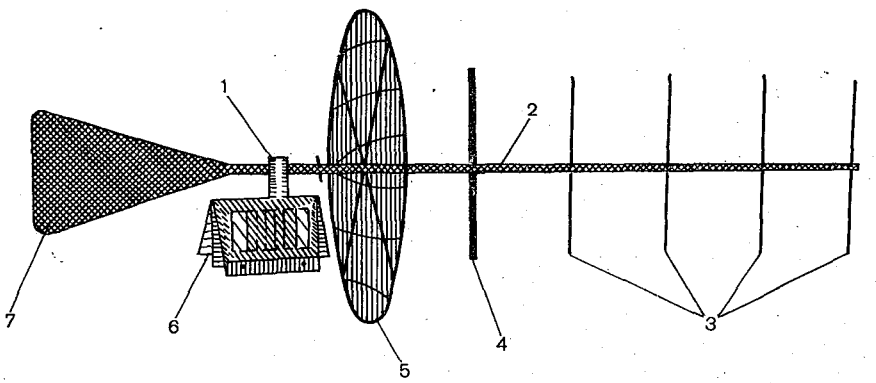


Рис. 21.7. Антенна ГМ-33 в сборе с поворотным устройством.

1 — стакан, *2* — стрела, *3* — четыре директора, *4* — вибратор, *5* — сетчатый рефлектор, *6* — поворотное устройство, *7* — стабилизатор.

Регистратор течений предназначен для записи принятых сигналов передающей части радиоизмерителя, характеризующих скорость и направление течения. Он состоит из двух основных частей: лентопротяжного механизма и записывающего устройства. Лентопротяжный механизм имеет три скорости протяжки ленты 5, 15 и 30 мм/с. Запись сигналов, поступающих с выхода радиоприемника, осуществляется только электромагнитом *Р6*. Запись же сигналов, поступающих непосредственно по кабелю с вертушки, может осуществляться одновременно двумя электромагнитами *Р6* и *Р7*. Якоря их механическими тягами связаны с перьями, которые при поступлении сигналов на обмотки электромагнитов дают отметки в виде прямоугольных импульсов на перемещающейся бумажной ленте.

Конструктивно регистратор течения выполнен в виде отдельного переносного блока. Все элементы электрической схемы и узлы лентопротяжного механизма смонтированы на металлическом шасси, которое заключено в кожух. На боковой стенке кожуха

имеется откидная дверца для установки и снятия кассеты с лентой.

Производство работ. *Общие указания.* ГМ-33 комплектуется тремя радиобуями, каждый из которых снабжается двумя вертушками, которые могут быть установлены одновременно на разных горизонтах до 50 и 250 м[1] в трех пунктах, расположенных в радиусе действия канала связи. При стоянке судна на якоре можно подключить дополнительно датчик для дистанционного измерения течений непосредственно с борта судна. На судне антенну следует устанавливать на топе существующих мачт, а на берегу — на топе специально сооруженной мачты или на какой-либо из существующих мачт другого назначения, которые находятся на возвышенных местах.

ГМ-33 сравнительно сложный и точный прибор. Для успешной его эксплуатации в море должен быть выделен специалист, знакомый с электро- и радиотехникой. Перед началом работы он должен детально ознакомиться с описанием прибора и с его электро- и радиосхемами.

При сборке радиобуя необходимо особое внимание обращать на проверку и обеспечение надлежащей герметизации всех узлов (датчики, контейнер, разъемы и т. п.), которые во время работы находятся непосредственно в воде или могут периодически заливаться водой. Нарушение герметизации может привести к отказам в работе аппаратуры или даже к выходу ее из строя.

При работе с аппаратурой следует строго соблюдать правила техники безопасности, в частности, необходимо следить за надежностью крепления приемной аппаратуры к столу и переборкам поворотного устройства к мачте, агрегата питания к палубе, контейнера и мачты к раме буя и т. д.

Работа с приемной аппаратурой допустима лишь при наличии надежного заземления прибора. Не допускается смена предохранителей, неоновых и электронных ламп при включенной аппаратуре и вскрытие распределительной коробки агрегата панели щита питания без предварительного отключения всей приемной аппаратуры от сети энергопитания. Зарядку контейнера гальваническими элементами необходимо производить в сухом помещении. Места соединения проводов должны быть прочными и надежно изолированными. Запрещается прикасаться руками к неизолированным выводам, особенно высоковольтным. Предохранители в цепях электропитания приемной аппаратуры должны соответствовать рекомендованному номиналу. Применение нестандартных предохранителей строго запрещается.

Размещение и монтаж аппаратуры на судне. Приемную часть ГМ-33 желательно разместить в специально отведенном помещении — лаборатории. Помещение это должно быть светлым, сухим

---

[1] Прибор снабжен двумя отрезками кабеля 50 и 250 м. При наличии кабеля другой длины верхнюю вертушку можно опустить и на другие горизонты до глубины 250 м.

и отапливаемым. Вблизи него не должно быть источников сильных радиопомех. Необходимо, чтобы расстояние от места установки приемной антенны до лаборатории было минимальным, так как увеличение длины подводящего коаксиального кабеля приводит к уменьшению дальности действия радиоканала. Для энергопитания приемной аппаратуры должен быть обеспечен стационарный подвод электроэнергии от главного распределительного щита судна. Требования к стабильности сети по частоте и напряжению составляют соответственно ±5 и ±10% от номиналов.

Установка и крепление приемной аппаратуры должны осуществляться на прочных рамах, кронштейнах или столах.

Приемную часть крепят к столу так, чтобы плоскость лицевых панелей ее блоков была перпендикулярна диаметральной плоскости судна. Синхроскоп и регистратор размещают поблизости. Щит питания крепят к рамам стенной переборки. При монтаже отдельных узлов приемной аппаратуры необходимо обеспечить возможность беспрепятственного открывания дверок, свободного доступа к приборам во время работы и при их ремонте.

Все приборы устанавливают на амортизаторах, чтобы вибрация судна не сказывалась на работе приборов. Крепление поворотного устройства и антенны должно быть особо прочным. Место установки приемной антенны должно быть свободно от посторонних предметов, препятствующих ее вращению. Мачту, к которой крепится кронштейн поворотного устройства, располагают вне сектора обзора. Поблизости от антенны в направлении приема не должно быть массивных металлических предметов, поглощающих энергию передатчика и искажающих диаграмму направленности приемной антенны.

Крепление коаксиального кабеля к мачте должно быть таким, чтобы при повороте антенны на предельные углы не происходило натяжение кабеля, не допускается также излишняя слабина кабеля.

Агрегат питания используется лишь в случаях, когда на судне нет источника питания переменного тока. Устанавливать его следует в агрегатной судна. Щит питания соединяется с бортсетью и с приемной аппаратурой кабелем КНРЭ 10×1 согласно электромонтажным схемам, содержащимся в заводской документации, приложенной к прибору. Все кабели, соединяющие приборы внутри лаборатории, должны быть закреплены на переборке или столе во избежание произвольных перемещений их во время шторма.

Радиобуй при длительных перерывах в работе, как правило, хранится на судне в виде отдельных, частично собранных и прочно закрепляемых на палубу узлов (поплавки, рамы, мачта, такелаж и др.). Вертушки, контейнер с батареями питания и с модулятором, передатчик и запасные изделия (ЗИП) должны храниться в отапливаемом сухом помещении.

Радиобуй монтируется перед началом работы на палубе судна. В тихую погоду установка мачты, передатчика и контейнера может производиться и непосредственно на спущенном в воду буе.

Монтаж радиобуя включает в себя следующие этапы работ: сборку буя (соединение поплавков с помощью рам в одно целое), установку мачты и передатчика на ее вершине, монтаж контейнера и крепление его к бую, сборку вертушки и подсоединение ее к контейнеру, подготовка и крепление такелажа к бую.

Процесс сборки буя прост и пояснений не требует.

Сборку и установку мачты производят в следующей последовательности: при помощи винтов и переходников соединяют и крепят все секции мачты между собою, протягивают внутри мачты кабель, соединяющий передатчик с контейнером, крепят кольцо ограждения передатчика, устанавливают мачту на буе, монтируют тросовые растяжки, равномерно их натягивают и контрят талрепы проволокой. Радиопередатчик устанавливают в последнюю очередь непосредственно перед спуском буя на воду или после того, как он будет спущен на воду.

Сборка контейнера наиболее ответственный этап монтажа радиобуя и от тщательности ее выполнения зависит работа всей аппаратуры.

Собирать контейнер нужно во внутреннем помещении судна, не допуская попадания внутрь контейнера влаги. Начинать сборку контейнера следует с отбора и монтажа батарей. Необходимо убедиться, что срок хранения батарей не вышел из пределов гарантийного, а ЭДС каждой батареи находится в допустимых для нормальной работы прибора пределах. Схема расположения и соединения батарей дана на рис. 21.8. Выводы батарей следует подсоединять к клеммам в соответствии с имеющимися на них надписями. Непосредственно соединяемые между собой выводы батарей после их тщательной зачистки должны быть надежно скручены и припаяны, а затем само соединение надлежит изолировать изоляционной лентой. При монтаже соединяемые выводы батарей должны иметь небольшую слабину.

Далее внешним осмотром следует убедиться в исправности модулятора. Органы управления на модуляторе необходимо установить в положении: тумблер «питание—выкл.» на «выкл.»; тумблер «пр.— непр.» — в нейтральное положение; тумблер «5 мин—10 мин» в положение, заданное программой регистрации течений.

Установив и закрепив модулятор в контейнере, подсоединяют к нему источники питания. На дне контейнера укладывают силикагель, предварительно высушив его при температуре около 150°.

Рекомендуется все свободные места в контейнере во избежание перемещения батарей и обрывов проводов заполнить какими либо неметаллическими материалами, например, кусками пенопласта.

По окончании сборки контейнер герметично закрывают крышкой, затянув для этого равномерно все гайки. Чтобы герметизация была полной, необходимо очень внимательно осмотреть качество резиновых прокладок и правильность их укладки в пазах.

Чтобы иметь возможность перед спуском радиобуя на воду

убедиться в нормальной совместной работе приемной и передающей частей прибора, горловину в крышке контейнера закрывать окончательно не следует.

Подготовка вертушки к работе. Вертушка заводом поставляется в разобранном виде из следующих частей: корпуса вертушки с винтом и оперением, противовеса, гидродинамического стабилизатора и кабеля с разъемом.

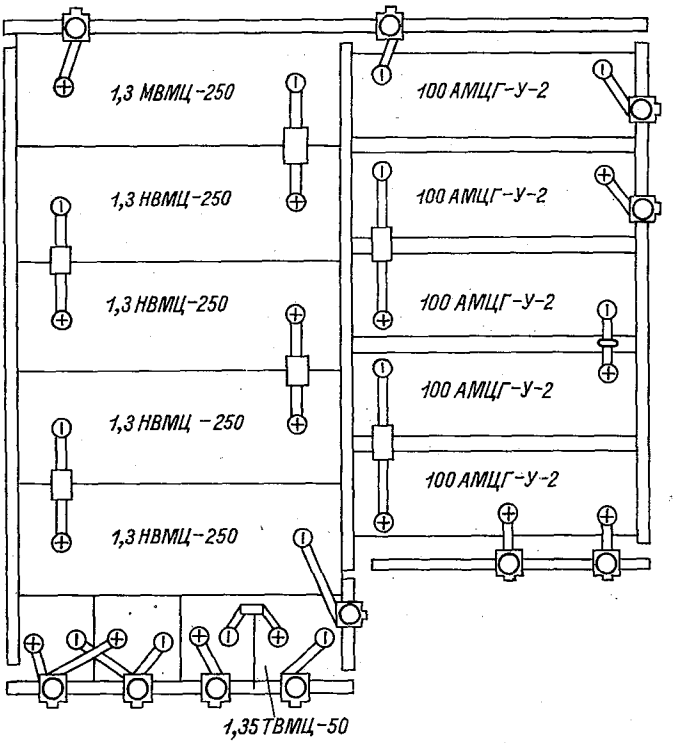


Рис. 21.8. Схема соединения батарей в контейнере ГМ-33.

Корпус вертушки по извлечении из укладочного ящика тщательно осматривают. Прежде всего проверяют целостность лопастного винта и убеждаются, что он вращается свободно, без заеданий и биений. Винт должен начать вращаться от самого слабого дуновения. Важно также убедиться, что корпус и оперение вертушки не имеют повреждений и что оперение расположено симметрично относительно продольной оси вертушки.

После внешнего осмотра с вертушки снимают обтекатель с хвостовым оперением, затем, если вертушка не заполнена маслом, ключом отвертывают накидную гайку, освобождающую корпус с припаянным к нему сильфоном. Освобождают арретир магнитной рамки.

Вращением винта приводят в движение внутренний механизм вертушки. При этом в определенной последовательности должен замыкаться контакт, расположенный на верхней плате механизма. Наличие замыканий можно установить, подключив к гнездам разъема омметр. Внешним осмотром убеждаются, что все детали механизма целы и оси не искривлены.

Внутренний механизм вертушки разбирать не следует, так как после разборки потребуется проведение новой градуировки приборов по измерению направления течений и соответствующей регулировки контактного узла, посаженного на магнитной рамке.

После осмотра надевают кожух с сильфоном и тщательно закрепляют его накидной гайкой. Для обеспечения герметичности разъемного соединения используют фибровую шайбу, которая должна быть тщательно установлена и не иметь повреждений. В противном случае не исключена возможность просачивания масла, которым заполняется корпус вертушки. Масло в корпус заливают медленно, через большое отверстие в дне сильфона, при этом корпус вертушки устанавливают вертикально.

Во время заливки слегка покачивают корпус, добиваясь выхода пузырьков воздуха через малое отверстие в дне сильфона. Оба отверстия в дне сильфона герметизируются винтами с фибровыми прокладками. Масло для заливки корпуса должно быть высококачественным, морозостойким типа МВП.

Чтобы убедиться в полной герметичности корпуса вертушки следует слегка нажать на сильфон. Если при этом масло не вытекает, то необходимая герметичность обеспечена. Закончив проверку герметичности, устанавливают на место обтекатель с вертикальным оперением и противовес.

Вертушка соединяется с кабелем при помощи герметичного разъема. Полная герметичность этого соединения является обязательным условием нормальной работы прибора. Следует иметь в виду, что только этот узел вертушки испытывает внутреннее и внешнее избыточное давление, соответствующее глубине его погружения.

Чтобы обеспечить надежную герметичность разъема, необходимо установить качественную резиновую шайбу и надежно завинтить накидную гайку ключом.

Гидродинамический стабилизатор, закрепленный на разъеме кабеля, должен быть расположен перпендикулярно продольной оси вертушки, а осевая линия груза должна строго совпадать с продольной осью.

Завершив окончательную сборку вертушки, следует убедиться в ее нормальной работе. Подсоединив к выходным клеммам кабеля омметр и вращая от руки винт, наблюдатель должен увидеть периодические отклонения стрелки прибора через каждые 5 и 10 оборотов винта.

Подготовка и монтаж такелажа для установки радиобуя в море. Основные указания по этому вопросу приведены в гл. 20. Кроме этого, необходимо учесть следующее. В качестве станового

троса используется стальной трос из оцинкованной проволоки (ГОСТ 3069—66 или 3070—66) с органическим сердечником. Диаметр троса 8—10 мм.

Длину станового троса определяют суммой глубины места и длины притравки. Длина притравки должна составлять при глубинах: до 30 м — 20—25 м; до 50 м — 25—35 м; до 100 м — 35—50 м; до 200—50—75 м.

Становой трос крепится к бую равнопрочной тросу такелажной цепью длиной 3—5 м через вертлюг. Для крепления вертлюга к углу нижней рамы сделаны отверстия. За вертлюгом идут скоба—цепь—скоба—коуш троса-якоря.

При скоростях течения до 1,5 уз можно использовать адмиралтейский якорь массой 75—100 кг или сегментальный якорь 150 кг; при скоростях течения до 3 уз — два якоря, уложенные «гуськом» общей массой 300 кг.

К верхней раме буя крепится строп так, чтобы буй, поднятый на него стрелой, был наклонен на угол 40—50°. В противном случае при вертикальном положении мачта буя может не выйти за оттяжки стрелы.

Работа с приемной аппаратурой и проверка работоспособности всей системы осуществляется согласно инструкции по эксплуатации, прилагаемой к прибору.

При постановке буя на автономную работу аппаратуру включают примерно за 30—45 мин до спуска буя в море. При этом, оставив передающую часть в режим работы по программе и установив вертушки под свежий ветер или просто опустив в воду на некоторую глубину, наблюдают в течение этого времени за работой электрических часов и прибора в целом.

Постановка радиобуя на автономную работу. После осуществления монтажа всех узлов прибора и проверки их работоспособности можно приступить к выполнению работ по установке радиобуя на автономную работу в намеченной точке океана (моря). При этом следует иметь в виду, что при рациональном выборе диаметра троса (ступенчатого) самостоятельная установка буя возможна до глубин 2000—2500 м [1]. При больших глубинах радиобуй можно устанавливать путем крепления его к другому, специально поставленному на якоре, бую достаточной подъемной силы. Радиобуй при этом крепится с помощью троса, удерживаемого на плаву несколькими небольшими кусками пенопласта, прикрепленными к тросу по его длине.

Если предполагается осуществлять последовательную регистрацию течений в нескольких пунктах моря в пределах радиуса действия системы, то при одинаковой частоте настройки радиопередатчиков, радиобуи должны располагаться в секторах, удаленных друг от друга на угол не менее 45°, а если радиопередатчики имеют частоты настройки, отличающиеся друг от друга на

[1] При необходимости постановки буя на больших глубинах необходимо провести соответствующие расчеты плавучести буя (см. гл. 20).

2—2,5 мГц, то в этом случае возможно устанавливать буи даже по одному пеленгу. Последовательная регистрация течений возможна и при несоблюдении указанных выше требований, но тогда на каждом радиобуе работу по программе надо установить таким образом, чтобы при работе одного из радиобуев все остальные находились в режиме «молчание».

Установку радиобуя на якорную станцию производят в следующем порядке: смонтированный и опробованный в работе радиобуй с закрепленным противовесом располагается на палубе судна у его борта в наклонном положении. После того как весь такелаж буя закреплен, в верхний коуш станового троса закладывают подъемный конец из того же троса. Длину подъемного конца назначают такой, чтобы при подъеме буя из воды до уровня планширя можно было свободный конец троса завести на барабан или ту рачку лебедки. Свободный конец подъемного троса собирают в кольцо и крепят к цепи или нижнему рыму вертлюга. Якорь и становой трос, свернутый в бухту, укладывают на полубак. Полностью готовый к постановке радиобуй в наклонном состоянии поднимают стрелой до уровня планшира, выводят за борт и опускают на воду. Вертушки погружают в воду в момент, когда буй выведен за борт или после того, как он уже находится на воде; вначале следует опустить нижнюю вертушку, а затем верхнюю. Перед спуском каждой вертушки необходимо убедиться, что продольная ось противовеса находится в одной плоскости с осью вертушки и что плоскость гидродинамического стабилизатора перпендикулярна продольной оси вертушки.

До того как гак шкентеля лебедки будет отдан, необходимо убедиться в том, что прибор нормально работает. Отдав гак шкентеля шестом или на специально заложенном конце, буй проводят на корму, одновременно стравливая подъемный конец троса.

При постановке и особенно во время сбрасывания приборов следят, чтобы кабели и вертушки не касались станового троса.

Совершив контрольный промер глубины и убедившись, что глубина соответствует подготовленному такелажу, сбрасывают якорь. В этот момент становой трос должен уже находиться за бортом. Для сбрасывания якоря используют пентер-гак, а если его нет, то в зависимости от условий или сталкивают вручную, выложив предварительно на планшир, или же, вывесив за борт на пеньковом стропе, обрубают последний. В процессе спуска радиобуя необходимо предохранять его и в особенности мачту с передатчиком от ударов о борт или такелаж судна.

Подъем радиобуя начинают, подойдя к нему с подветренной стороны (носом на ветер). Если окажется, что течение сносит судно сильнее, чем ветер, то к бую подходят против течения.

Взяв буй опорным крюком, заводят за строп укрепленный на буе гак шкентеля. Затем буй поднимают до уровня планшира и сразу же выбирают вертушки. Далее, насколько это возможно, буй заводят на борт, переводя его тяжесть на планшир или палубу, не допуская при этом слабины шкентеля. Отсоединив подъемный к

ец троса, его заводят на барабан лебедки или на турачку. Набиая подъемный конец, переводят на него натяжение якоря. После того стрелой заводят буй на палубу и отсоединяют от троса. Якоря и становой трос поднимают на подъемном конце троса.

Поднятый на палубу радиобуй во избежание возможных его повреждений при качке судна должен быть тщательно закреплен. При кратковременных перерывах в работе буй разбирать не рекомендуется. Целесообразно снять лишь радиопередатчик и вертушки. Вертушки следует промыть пресной водой.

Об установке радиобуя на автономную работу должны быть предупреждены соответствующие органы надзора за безопасностью мореплавания. Координаты и глубина места установки буя необходимо зафиксировать в дневнике (журнале) наблюдений.

Регистрация течения. Во время измерения течения приемная антенна должна быть направлена строго на радиобуй. Чтобы выполнить это условие, необходимо в пятиминутный интервал времени, предназначенный для настройки аппаратуры, установить антенну в положение, соответствующее максимуму сигнала на синхроскопе С1-5. В дальнейшем следует следить за изменениями курса судна и соответственно корректировать направление антенны на буй.

Указанное выше требование относится прежде всего к условиям, когда измерения течений осуществляются на близких к предельным для радиоканала дальностям. Если же радиобуй находится сравнительно недалеко от судна, то измерения возможны и при антенне, не строго направленной на буй. Буй или судно, к которому крепятся вертушки, совершают вместе на волне вертикальные перемещения, влияющие на показания прибора. При движении вертушек вверх скорость увеличивается, а вниз — уменьшается. Так как перемещения буя, а следовательно, и вертушек на волне всегда периодичны, то методом осреднения значительного числа импульсов можно полностью исключить влияние морских волн на показания измерителя течения. Руководствуясь опытом, можно рекомендовать осреднение производить за период прохождения 15—20 волн.

В условиях отсутствия волнения или при измерениях течений на больших глубинах, где волнение уже мало сказывается на работе прибора, длительность непрерывной регистрации течений, если она не диктуется особыми требованиями, может быть доведена до 1—2 мин.

Для экономии энергии источников питания в программном механизме радиобуя предусмотрен 20-минутный режим «молчание», во время которого передатчик не работает. При перерывах в работе приемную аппаратуру также целесообразно выключать.

Запись элементов течения с нескольких радиобуев производится последовательно с помощью одной приемной части прибора. При этом каждый раз антенну необходимо направлять на тот буй, с которого желательно получить информацию.

В регистраторе течений имеются три возможные скорости про тяжки ленты: 5, 15 и 30 мм/с. Выбор скорости определяется изме ряемой скоростью течений: чем она больше, тем больше должна быть и скорость движения ленты. Однако не следует пользоватьс большими скоростями, если в этом нет особой необходимости, та как это может затруднить расшифровку записей.

В лентопротяжном механизме регистратора течений исполь зуется синхронный электродвигатель типа Г-34. Измерение напря жения питания двигателя в пределах ±20% от номинальног практически не оказывает влияния на скорость движения ленты Изменение частоты питающего напряжения приводит к пропорцио нальному изменению скорости лентопротяжки. Это обстоятельств при работе с нестабильной по частоте сетью должно быть обяза тельно учтено, в противном случае данные измерений будут неточ ными.

Рекомендуется в процессе записи отмечать в дневнике частот напряжения питания и периодически делать на ленте отметки, со ответствующие десятисекундному интервалу времени, и по ним в время обработки записи определять истинную скорость движени ленты. При наличии простейшего электроконтактного отметчик времени его при необходимости можно подключить ко втором гнезду регистратора. В этом случае показания отметчика буду регистрироваться синхронно на той же ленте.

Для записи необходимо использовать качественные, быстро вы сыхающие чернила. Форма записи скорости и направления течени представлена на рис. 21.9. На ленте через каждые два последова тельных импульса скорости *C* следует импульс направления *H* Расстояние между двумя импульсами скорости пропорциональн времени совершения пяти оборотов винта. О скорости течения су дят по скорости чередования импульсов *C* с учетом тарировочно характеристики вертушки по скорости, полученной при ее поверк О направлении течения судят по отношению расстояния между им пульсами *C* и *H* к расстоянию между ближайшими импульсам скорости.

В дневнике надо зафиксировать следующие данные: номер р гистрации; дату и время начала и конца каждой регистрации; к ординаты станций; горизонты погружения вертушек; глубину м ста установки радиобуя; номера радиобуя и вертушек; скорос протяжки ленты; частоту и напряжение тока, подаваемого на р гистратор; подпись лица, производившего измерения; другие да ные по усмотрению наблюдателя. На каждой ленте необходим указать номер регистрации; дату и время начала и конца регис рации; скорость протяжки ленты; номера радиобуя и вертушек; г ризонты погружения вертушек.

Судовой дистанционный самописец течений ГМ-45. Модифик цией прибора ГМ-33 без использования радиоканала связи явл ется судовой дистанционный самописец течений ГМ-45.

Прибор позволяет дистанционно осуществлять непрерывну последовательную регистрацию скорости и направления течен

на любых горизонтах до 250 м непосредственно с судна, стоящего на якоре, не извлекая каждый раз вертушку на поверхность. В этом случае одна или одновременно две вертушки, опущенные в воду, связаны с регистратором кабельной линией связи. Кабель подключается к вертушке и к регистратору с помощью штепсельных разъемов.

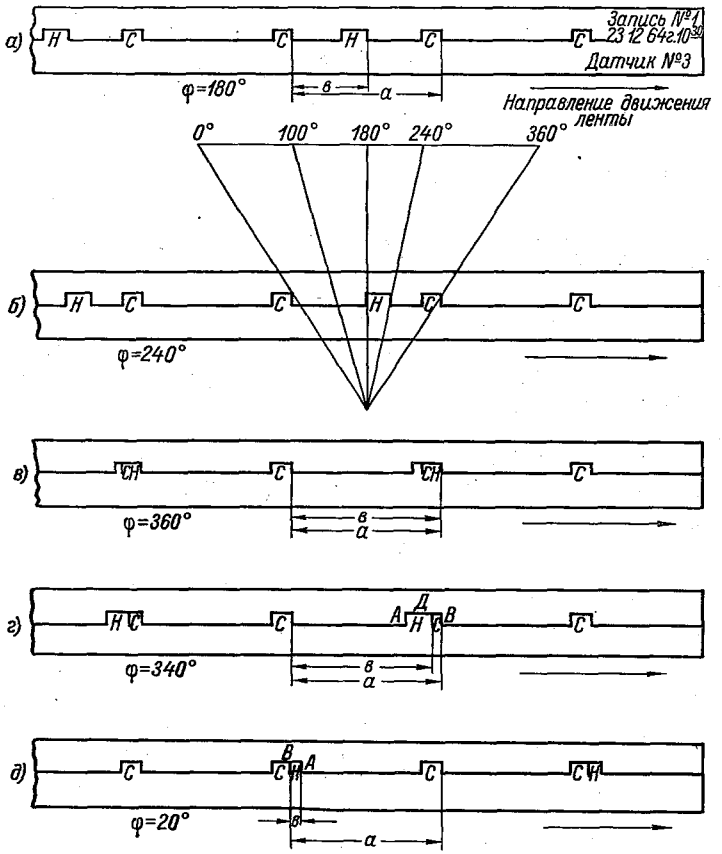


Рис. 21.9. Образец записи скорости и направления течения на ленте.

Для опускания вертушек в воду можно использовать лебедку ЭМИТа или другие типы кабельных лебедок, а также существующие на судах турачки.

Основными узлами прибора ГМ-45 являются описанные выше вертушки, регистратор, щит питания и кабельные линии связи.

Схема подключения датчиков к кабелю сохранена неизменной. Вторые концы кабелей подключаются к штепсельным разъемам регистратора, расположенным на его задней стенке. При опускании датчиков в воду необходимо следить за тем, чтобы кабель не закручивался. В этих целях иногда целесообразно приборы

опускать в воду на специально прикрепляемом к датчику тросе, используя существующие на судне лебедки.

Питание регистратора течения осуществляется через распределительную коробку приемной части щита питания. Все органы управления щита питания необходимо поставить в положения, указанные в инструкции по эксплуатации прибора.

Уход за прибором. Безотказная и надежная работа радиоизмерителя течений зависит от качества его изготовления, от правильной эксплуатации и систематического наблюдения за состоянием аппаратуры, которая проверяется при проведении профилактических работ различной периодичности.

Чтобы наиболее полно выявить производственные дефекты прибора, дополнительно к заводским испытаниям должны производиться тщательная приемка прибора при его монтаже на судне и опытное апробование в реальных морских условиях. Испытания осуществляются в присутствии представителя завода-изготовителя.

Для работы с радиоизмерителем течений должен быть выделен квалифицированный специалист-техник, имеющий опыт работы с электро- и радиоаппаратурой и владеющий методами проведения океанографических наблюдений.

Аппаратура должна периодически проверяться на работоспособность и надежность герметизации и соединения узлов. Особое внимание при этом следует обратить на те блоки и узлы, которые работают в морской воде или на открытом воздухе.

Перед началом проведения съемок течений и после их завершения и, кроме того, не реже одного раза в течение 6 месяцев, если прибор не находился в работе, необходимо:

1) проверить надежность разъемных соединений блоков и кабелей и прочность крепления всех узлов. Внешним осмотром убедиться в отсутствии каких-либо механических повреждений вертушки, радиобуя и приемной антенны. Особое внимание обратить на проверку обеспечения полной герметизации вертушки, контейнера, передатчика и поворотного устройства. Проследить за тем, чтобы резиновые прокладки были изготовлены из высококачественной мягкой резины. Силикагель, помещенный в контейнер, и в поворотном устройстве должен быть сухим;

2) убедиться в нормальной работе вертушки — проверить плавность вращения лопастного винта, надежность срабатывания контактов, отсутствие просачивания масла из корпуса и др. Корпус вертушки должен быть полностью залит маслом, и в нем не должно быть пузырьков воздуха;

3) произвести с помощью тестера замер напряжения гальванических элементов. Все элементы, не соответствующие требуемым номиналам или срок годности которых истек, подлежат замене. Ваткой, смоченной спиртом, необходимо осторожно протереть токонесущую поверхность контактного диска. Проверить ход часов;

4) внимательно осмотреть монтаж всех блоков приемной части.

Проверить надежность крепления ламп и прочность пайки. Очистить сжатым воздухом монтаж от пыли;

5) проверить в действии работу всех узлов прибора и убедиться в надежности срабатывания органов управления;

6) произвести смазку деталей прибора, которые могут подвергаться коррозии.

В процессе эксплуатации прибора необходимо регулярно записывать в его формуляр все данные о работе прибора, о проведенных профилактических работах, об отказах аппаратуры, о градуировках датчиков и т. п.

Ненормальная работа аппаратуры или полный отказ в работе может произойти по следующим основным причинам: отклонение питающих напряжений от допустимых значений; неисправности цепи приемной антенны; неправильное подключение концов кабелей; неисправности датчика, модулятора и передатчика.

Поэтому при восстановлении работоспособности аппаратуры прежде всего необходимо убедиться в том, что соблюдены все условия правильного включения ее узлов, напряжение питания соответствует норме, в цепи антенны нет обрыва или короткого замыкания и все узлы радиобуя действуют исправно.

Если же причина неисправности таким образом не обнаружена, следует вскрыть блоки приемной и передающей частей и проверить в первую очередь качество ламп, меняя их по очереди на годные, начиная с ламп выходных каскадов.

Обработка наблюдений. Обработку ленты следует начать с выбора ее наиболее качественного участка с более регулярным чередованием импульсов, подлежащего обработке, и с уточнения или определения скорости протяжки на выбранном участке. Затем размечают импульсы скорости и направления: после двух последовательных импульсов скорости следует импульс направления. Необходимо иметь в виду, что при направлениях течения 0—30° и 330—360° импульсы скорости и направления течения между собой практически совпадают. Определяют число импульсов скорости n за фиксируемый отрезок времени Δt, например за 60 или 90 с или находят интервал времени, соответствующий заданному количеству импульсов скорости, например 10, 20 и т. п.

Скорость течения определяется по тарировочному графику, прилагаемому к каждой вертушке. На графике по оси абсцисс отложены величины $\frac{n}{\Delta t}$, а по оси ординат — соответствующие им величины V. График почти во всем диапазоне V прямолинеен и только при малых значениях скорости V имеет изгиб.

Для упрощения определения скорости течения V можно по тарировочному графику предварительно построить тарировочную таблицу.

Таблицу строят следующим образом: величину $\frac{n}{\Delta t}$ преобразуют в виде $\frac{un}{l}$, где u — скорость лентопротяжки, l — длина отрезка ленты, соответствующая значению Δt.

Задавшись двумя-тремя постоянными значениями u и n, определяют для них значения скоростей течения V при различных значениях l. Величины l и V записывают в тарировочную таблицу. Значения l выбирают так, чтобы соответствующие им скорости V отличались друг от друга не более чем на 1 см/с. В дальнейшем, определяя по миллиметровке длины отрезков ленты l, находят соответствующие им скорости течения V.

Такие тарировочные таблицы следует строить для всех трех значений скорости лентопротяжки u для различных значений n.

Для определения направления течений в условиях установившегося потока и отсутствия влияния волнения на результаты измерений достаточно измерить на ленте длину a_i отрезка между двумя последовательными импульсами скорости и расстояние b_i между импульсами скорости и направления (рис. 21.9). Угол направления

$$\varphi_i = \frac{b_i}{a_i} \cdot 360.$$

Для облегчения работы по определению φ_i можно воспользоваться соответствующей прозрачной палеткой. Последняя накладывается на ленту, как показано на рис. 21.9 *б*. Значение φ_i определяется по надписи на линии, которая касается начала импульса направления на ленте. В приведенном на рисунке случае $\varphi = 240°$.

Для повышения точности определения направления течений, в особенности в условиях пульсирующего потока или при наличии влияния волнения на работу вертушки, рекомендуется использовать следующую методику.

По миллиметровой линейке определяют длину n отрезков a_i (расстояние между двумя последовательными сигналами скорости) и n отрезков b_i (расстояние между импульсами скорости и направления). Число n должно лежать в пределах 10—30 импульсов. Нижняя граница соответствует сравнительно устойчивому потоку. При измерениях течений в условиях сильного волнения, когда датчик, подвешенный к радиобую, совершает вместе с ним большие вертикальные перемещения, значение n желательно выбрать близким к верхнему пределу.

Угол φ в этом случае определяется по формуле

$$\varphi = \frac{\sum_{i=1}^{n} b_i}{\sum_{i=1}^{n} a_i} \cdot 360.$$

При направлениях течений в пределах $360 \pm 30°$ импульсы скорости и направления перекрываются. Это обстоятельство несколько затрудняет определение φ. Рассмотрим для данного случая возможные варианты определения φ. Если совмещенные импульсы скорости и направления полностью совпадают и общая их дли-

ельность соответствует наибольшей из них, то в этом случае ечение направлено на север.

Так как импульс направления при увеличении угла направления перемещается на ленте регистратора от второго импульса скорости к первому, то, следовательно, углы направления от 0 до 30° совпадут со вторым импульсом скорости, а при углах от 330 до 360° — с первым импульсом.

Ленту с записью направления течения от 0 до 30° при установившемся потоке (рис. 21.9 *д*) обрабатывают следующим образом. Среднее значение *a* с помощью измерительного циркуля или линейки откладывается на ленте от начала первого импульса скорости по направлению ко второму. Таким образом получают начало второго импульса скорости (рис. 21.9 *д*, положение *B*). Тогда расстояние от *A* до *B* соответствует значению *b*. Определив значения *a* и *b*, легко вычислить угол $\varphi = \frac{b}{a} \cdot 360$.

При направлениях течения от 330 до 360° (рис. 21.9 *в*, *г*) обработка ленты ведется другим способом. При этих углах, как было казано выше, импульс направления сливается с первым импульсом скорости. Точка *B* соответствует началу первого импульса скорости, а точка *A* — концу импульса направления. Для определения необходимо определить величину *b* или, иначе, найти начало импульса направления, т. е. точку *D*. В связи с тем что ширина импульса направления при заданных скоростях течения и прояжки ленты постоянна, нужно на ленте на несовмещенных импульсах найти эту ширину и отложить от положения *A*, т. е. от онца импульса направления. Тогда точка *D* и явится искомым ачалом импульса направления, а расстояние от второго импульса корости до точки *D* соответствует значению длины *b*. Определив еличины *a* и *b*, легко вычислить угол φ.

Следует заметить, что в двух рассмотренных случаях скорость ечения в период записи предполагается установившейся.

Если скорость течения пульсирует, то расшифровка направления в диапазоне 360±30° становится затруднительной. Иногда этом случае может помочь то обстоятельство, что длительность мпульсов скорости отличается от длительности импульсов наравления, а также и то, что при длительных записях из-за пульации потока на ленте могут найтись участки, на которых мпульсы скорости и направления не всегда совпадают между обой.

Для определения истинного направления течения следует в измеренные направления течения ввести поправки на девиацию компаса датчика и на склонение.

Поправка на девиацию компаса датчика определяется по заодскому свидетельству, прилагаемому к каждому прибору. Она езначительна и лежит обычно в пределах ±4°.

Поправку на склонение вводят так же, как при работах с моркой вертушкой. Результаты обработки записывают по форме, риведенной в табл. 21.4.

Таблица 21.

Образец записи и обработки наблюдений, произведенных радиоизмерителем течений ГМ-33

Станция *№ 50/1.* Координаты φ *70° 30′ с. ш.*, λ *30° 04′ в. д.* Пояс *2.* Начало дата *21 октября 1965 г.*, время *05 ч 40 мин.* Конец: *1 ноября 1965 г.*, время *10 ч 51 мин.* Глубина *325 м.* Вертушка *№ 12.* Горизонт *50 м.* Склонение *5° E* Девиация *1° E.* Скорость лентопротяжки *u=15 мм/с*

Дата и время наблюдений, ч мин	Число импульсов n	$\frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} a_i = a$	$\frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} b_i = b$	Направление течения, °		Скорость течения, см/с	Примечание
				измеренное $\varphi=\frac{b}{a}\,360$	истинное		
22 октября							
5 56	*10*	*29*	*15*	*186*	*191*	*40,0*	
5 57	*10*	*34*	*18*	*191*	*196*	*37,7*	
5 58	*10*	*30*	*16*	*192*	*197*	*38,7*	
5 59	*10*	*30*	*17*	*204*	*209*	*38,1*	
7 49	*10*	*33*	*22*	*240*	*245*	*37,9*	
7 50	*10*	*29*	*17*	*211*	*216*	*39,1*	
7 51	*10*	*29*	*18*	*224*	*229*	*39,1*	
7 52	*10*	*32*	*19*	*214*	*219*	*38,0*	

21.3. Буйковая станция М-42 для измерения ветра и передачи информации

Станция АРИВ (автоматический радиоизмеритель ветра) пред назначена для автоматического измерения и передачи по ради телеграфным кодом средней скорости и направления ветра в си ноптические сроки или ежечасно. Рассчитана на автономную ра боту на акватории неглубокого моря, озера, водохранилища. Сро автономной работы зависит от заданной частоты измерений и пе редач. Дальность радиосвязи 100 км.

Основные технические характеристики [166]

Пределы измерения:	
средней за 10 мин скорости, м/с	от 3 до 40
направления	по 16 румбам
Точность измерения:	
средней скорости, м/с	±(1+0,05 V)
направления	±1 рубм (22,5°)
Питание: батарея аккумуляторов типа 5КН-100 м, напряжение, В	27
Мощность, излучаемая передатчиком в антенну при номинальном значении источника тока, Вт	11—13
Потребляемая мощность (при напряжении постоянного тока 27 В), Вт	120
Продолжительность одного цикла работы, с	50

абариты, мм:	
анемометра	350×448
румбометра	370×500×320
автопуска	280×410
блока управления	352×300
радиопередатчика	300×350
зарядно-пускового щитка	250×150×270
блока аккумуляторов	500×180×400
асса, кг:	
анемометра	1,8
румбометра	12
автопуска	12
блока управления	14
радиопередатчика	10
зарядно-пускового щитка	7
блока аккумуляторов	333
общая масса с учетом статических конструкций	500

Краткое описание. Станция (рис. 21.10) состоит из среднего орского буя с фермой, мачтой-антенной и оснасткой. На буе монтированы и размещены: трехчашечный анемометр, румбометр виде колеса Салейрона, радиопередатчик, блок управления и одирования, автопуск и блок питания. Подключение кабелей блокам станции производится с помощью герметизированных азъемов. Кодирование измеренных элементов и управление поядком и продолжительностью работы станции производится шаовыми искателями. Вращение ветром чашек анемометра вместе вертикальной осью, на которой они закреплены, передается чеез редуктор на два кулачковых диска, периодически замыкающих онтактные группы. Количество импульсов тока (замыканий), оступающих от анемометра за 10 мин, пропорционально средней корости ветра за этот интервал времени. Под действием ветра ертушки колеса Салейрона располагаются в определенном наравлении так, что вертикальная ось румбометра устанавливает орпус компаса и его потенциометр в необходимое положение тносительно компасной картушки, ориентированной всегда на евер. Угловое перемещение вертикальной оси румбометра и онтактной стрелки-указателя совершается синхронно. Во время аботы станции из блока управления в катушку электромагнита одается напряжение и специальная рамка прижимает стрелку-казатель направления ветра к соответствующим контактам элекрической шкалы. Автопуск осуществляет включение станции и сотоит из часового механизма 205ЧП, механизма электрического одзавода и контактных групп коммутации.

Блок управления и кодирования обеспечивает автоматическое правление работой всех блоков станции, а также преобразование кодирование результатов измерения.

Радиопередатчик осуществляет передачу по радио в диапазоне астот 2,5—5,0 МГц значений скорости и направления ветра, потупающих от датчиков через блок управления и кодирования.

Зарядно-пусковой щиток предназначен для того, чтобы, не скрывая люка буя и не ожидая конца срока автоматической

работы станции, можно было с помощью тумблеров осуществить подачу питания на накал передатчика и пуск станции. Контрольно-зарядный пусковой щиток позволяет проверить работу отдельных блоков и узлов без их отключения и без разборки станции, а также проверить работу станции в целом, сверяя ее показания с контрольной аппаратурой.

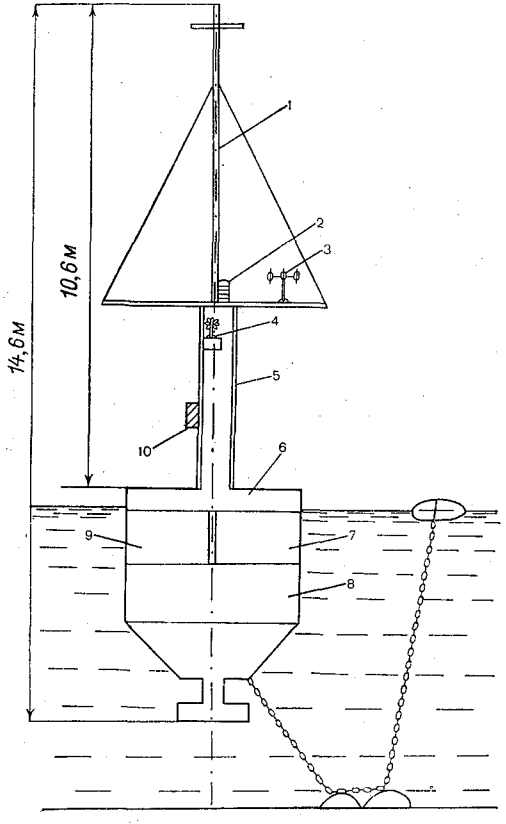


Рис. 21.10. Схема АРИВ.

1 — мачта, *2* — сигнальный фонарь, *3* — трехчашечный анемометр, *4* — румбометр, *5* — ферма, *6*, *7*, *8*, *9* — отсеки буя, *10* — контрольно-пусковой счетчик.

Блок питания состоит из батареи щелочных аккумуляторов (две группы по 22 элемента в каждой). Защита батарей от чрезмерного разряда осуществляется минимальным реле, контролирующим напряжение аккумуляторной батареи во время работы станции и отключающим станцию при падении напряжения ниже установленной величины.

Станция рассчитана на работу при температуре воздуха от —20 до +40°С.

21.4. Автономный цифровой измеритель течения, температуры, электропроводности воды, глубины погружения АЦИТТ [1]

Назначение, область применения, основные характеристики. Автономный цифровой измеритель океанографических параметров разработан ААНИИ совместно с Рижским опытным заводом гидрометприборов для замены автономных приборов устаревших типов. При создании прибора ставилась задача сделать его по возможности универсальным, пригодным для решения как научных, так и инженерно-прикладных задач. Исходя из этих требований, АЦИТТ производит комплексное измерение нескольких океанографических параметров и запись результатов измерения на магнитную кассету, пригодную для ввода в ЭВМ для обработки. Установка прибора производится главным образом на автономных буйковых станциях, но может применяться также с судов, плавучих платформ, пирсов, ледовых массивов.

Параметры, указанные в табл. 21.5, измеряются поочередно один за другим; длительность цикла измерения всех параметров составляет 25 с. Предусмотрены следующие периоды цикличности работы прибора: 30 с.; 5, 10, 15, 30 и 60 мин. Запас магнитной ленты и источников питания рассчитаны на 10 тыс. циклов измерений всех параметров, что соответствует 1 году автономной работы прибора в часовом режиме.

Таблица 21.5

Параметры	Диапазон измерений	Дискретность измерений	Основная предельная погрешность измерений
Температура воды, °С	от −2 до +38	0,01	±0,05
Электропроводность воды, См/м	от 0 до 7	$2 \cdot 10^{-4}$	$\pm 5 \cdot 10^{-4}$
Течения:			
скорость, см/с	от 3 до 200	1	$\pm(3 + 0{,}05V)$
направление, °	0—360	1	±10
Глубина погружения, м	0—6000	от 0,2 до 9	$\pm(1 + 1\%\,H)$
Угол отклонения прибора от вертикали, °	0—30	0,1	1
Контрольный параметр	Постоянная величина	—	±1 единица кода

Постоянная времени датчиков скорости течения, магнитного компаса, платинового термометра сопротивления может устанавливаться на определенные значения, исходя из требований конкретной задачи, которая ставится перед наблюдателем.

Обработка данных наблюдения, записанных на магнитной кассете, производится с помощью ЭВМ «Минск-32» путем ввода через

[1] Составил Р. А. Балакин.

специальный буферный магнитофон, придаваемый к прибору. Дли тельность сеанса ввода данных и первичной обработки полног массива из 10 тыс. циклов составляет 15 мин.

Для контроля правильности работы прибора в подводном по ложении, а также и для оперативного получения данных на по верхности в АЦИТТе предусмотрен гидроакустический канал связи Передача данных осуществляется двоичным цифровым кодо с использованием импульсной модуляции. Уверенная дальност акустического канала связи при вертикальном распространени луча составляет 2000 м при акустической мощности излучател 2 Вт. Скорость передачи информации 50 бит/с.

Конструкция прибора представляет собой цилиндр с защитны решетчатым ограждением в верхней и нижней частях общей вы сотой 1200 мм и диаметром по ограждению 220 мм (рис. 21.11) Корпус прибора массой 35 кг изготовлен из легкого антимагни ного титанового сплава ВТ-8 и рассчитан на глубину погружени 6000 м. Датчики температуры, электропроводности, глубины по гружения расположены на верхней крышке прибора. Двухкомпо нентный датчик течения пропеллерного типа в виде двух взаимн перпендикулярных вертушек в обтекателях расположен под них ней крышкой прибора. Вращение вертушек передается внутр корпуса прибора на потенциометрические преобразователи чере две магнитные муфты. Двухкомпонентный принцип измерени течения не требует определенной ориентации осей вертушек о носительно потока, поэтому корпус не имеет хвостового оперени Подвеска прибора на буйрепе осуществляется с помощью спец ального кронштейна с регулируемым углом подвески, позволяю щим обеспечить вертикальность прибора при жестком его крепл нии к наклонному тросу. При отклонении оси прибора от верт кали более 10°, что может произойти от неправильной установк угла или изменении наклона троса, требуется введение поправ к показаниям датчика скорости течения. Для введения этой п правки предусмотрен угломерный датчик отклонения корпуса пр бора от вертикали в плоскости наклона троса.

Принцип действия прибора. По принципу действия измерител ная схема АЦИТТ относится к аналого-цифровым преобразов телям поразрядного взвешивания (рис. 21.12). Основу схем составляет цифровой компенсатор измеряемого напряжения, раб тающий на переменном токе. Выходное напряжение этого компе сатора уравновешивает выходное напряжение всех датчиков п очередно. Уравновешивание измеряемого напряжения происход ступеньками, пропорциональными весу разрядов 12-разрядно двоичного кода, обеспечивая 4096 дискретных значений измеря мой величины. Процесс уравновешивания происходит автомат чески, при этом знак разности на каждой ступеньке сравнен определяется нуль-индикатором, который в зависимости от резул тата сравнения выдает сигналы на включение и выключен коммутационных ключей. Одновременно с процессом уравновеш вания измеряемого напряжения формируются нули и едини

воичного кода для записи на магнитную ленту и передачи по гидроакустическому каналу. В формируемой кодовой комбинации нули соответствуют ступенькам сравнения, в которых нуль-органом фиксируется перебаланс и производится сброс ключа, а единицы соответствуют положению недобаланса, при котором коммутационный ключ остается включенным.

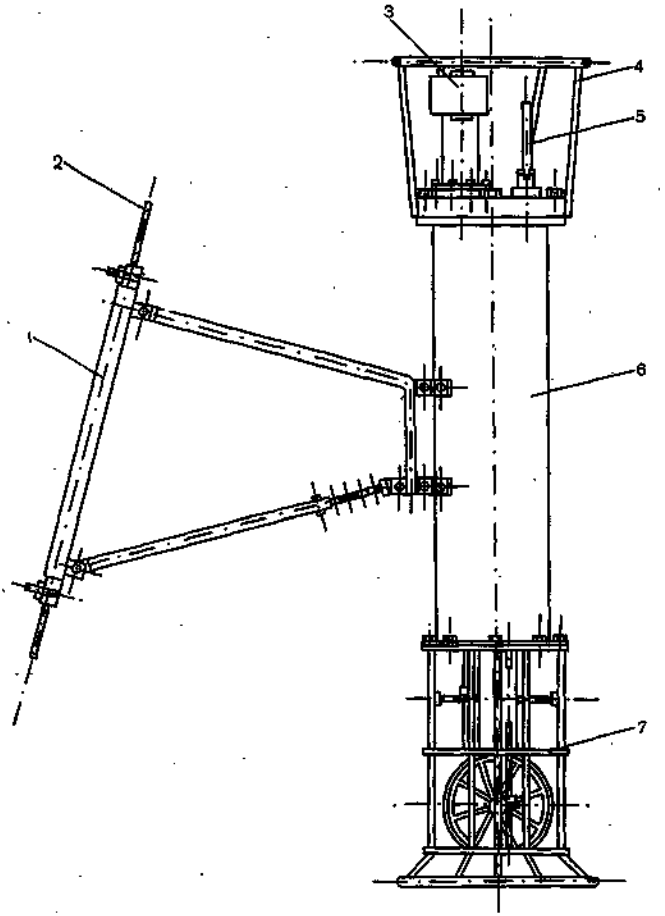


Рис. 21.11. Общий вид прибора АЦИТТ.

1 — кронштейн подвески, *2* — буйреп, *3* — датчик электропроводности, *4* — защитное ограждение, *5* — датчик температуры, *6* — герметический корпус, *7* — блок пропеллерных вертушек.

Компенсатор напряжения образован набором из 12 миниатюрных ферритовых трансформаторов. Первичные обмотки трансформаторов, имеющие равное число витков, могут подключаться к источнику переменного тока или закорачиваться накоротко помощью бесконтактных коммутационных ключей. Вторичные обмотки трансформаторов, соединенные последовательно, образуют

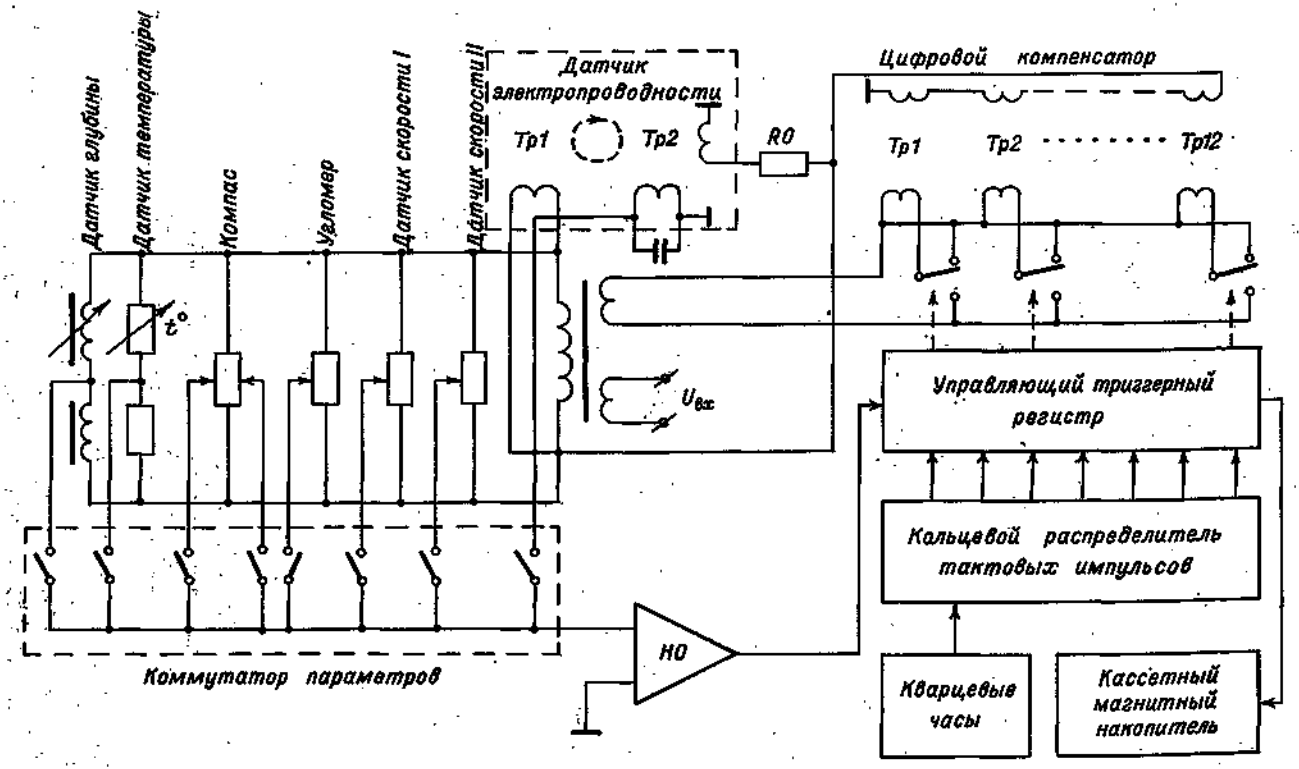


Рис. 21.12. Схема измерительных цепей АЦИТТа.

выходную цепь компенсатора, при этом число витков вторичных обмоток пропорционально весам разрядов двоичного кода. Выходное напряжение последовательно соединенных вторичных обмоток оказывается прямо пропорционально величине кода, соответствующего положению замкнутых и разомкнутых коммутационных ключей. Выходная цепь компенсатора работает практически в ненагруженном холостом режиме, что необходимо для обеспечения высокой точности измерений. Высокие метрологические свойства данной схемы компенсатора обусловлены свойствами трансформатора, намотанного на тороидальном сердечнике с высокой магнитной проницаемостью и работающего в холостом режиме. Стабильность коэффициента трансформации такого трансформатора оценивается величиной порядка ±0,01% в полном диапазоне рабочих температур и при значительных отклонениях магнитной проницаемости от заданного номинала. Коммутационные ключи выполнены на интегральных микросхемах МОП-структуры. Стабильность переходного сопротивления этих ключей в открытом и закрытом состояниях на точность измерения практически не влияет. Благодаря применению цифрового компенсатора на базе трансформаторных делителей напряжения в сочетании с бесконтактными ключами погрешность измерительной схемы прибора с учетом всех дестабилизирующих факторов не превышает ±0,01%.

Управление коммутационными ключами компенсатора осуществляется от триггерного управляющего регистра, который, в свою очередь, управляется распределителем тактовых импульсов. Цикл измерения каждого параметра состоит из 12 рабочих тактов и 3 разделительных, что при тактовой частоте 50 Гц составляет 0,3 с. Полный цикл измерения из 8 параметров занимает 2,4 с. Один из каналов является калибровочным и служит для контроля точности работы измерительной схемы.

Поочередное подключение датчиков ко входу измерительной схемы производится коммутатором параметров, выполненном на бесконтактных интегральных ключах, управляемых регистром сдвига. Коммутатор параметров подключает выход датчиков к нуль-индикатору, представляющему собой операционный интегральный усилитель с фазочувствительным детектором на выходе.

Измерительные цепи всего прибора питаются от общего силового генератора синусоидальной формы частотой 10 кГц. Сигнал возбуждения этого генератора поступает от кварцевых часов.

Кварцевые часы обеспечивают программу включения прибора в соответствии с заданным режимом работы, а кроме того, вырабатывают опорные частоты для тактового генератора, акустического излучателя и силового питающего генератора. В кварцевых часах используется вакуумный кварцевый резонатор частотой 10 кГц, делители частоты выполнены на сверхэкономичных микросхемах МОП-структуры. При питающем напряжении от 6 до 9 В часы потребляют ток 100 мкА.

Вся измерительная схема прибора с элементами управляющей автоматики выполнена почти полностью на интегральных

микросхемах и размещается на четырех печатных платах с двусторонним печатным монтажом. Каждая плата подключается к схеме через разъем, что обеспечивает их взаимозаменяемость и быструю ремонтоспособность.

Питание прибора осуществляется от батареи из 12 сухих элементов типа 373, заключенных в съемную герметичную кассету. Работоспособность прибора сохраняется при изменении питающего напряжения от 9 до 6 В. Разрядный ток батареи в течение рабочего цикла измерения 3 с с передачей данных по акустическому каналу составляет 0,5 А.

Первичные датчики измеряемых параметров. В комплект АЦИТТ входят следующие датчики:

— двухкомпонентный датчик скорости течения,
— магнитный компас с жидкостным демпфером,
— платиновый термометр сопротивления,
— манометрический датчик глубины,
— датчик электропроводности воды,
— датчик наклона прибора от вертикали.

Все датчики имеют аналоговый выход в виде отношения сопротивлений, образующих потенциометрическую схему. Исключение составляет датчик электропроводности воды, который имеет более сложную схему, но также совместимую с общим компенсационным принципом измерения.

Двухкомпонентный датчик скорости течения образован двумя взаимно перпендикулярными пропеллерными вертушками с горизонтальной осью вращения [1]. Вертушки установлены под корпусом прибора одна под другой и заключены в цилиндрические обтекатели. Обтекатели формируют требуемую синусоидальную диаграмму направленности вертушек в зависимости от направления набегающего потока. Двухкомпонентный датчик позволяет раздельно измерять две проекции вектора скорости течения, а затем при обработке данных вычислять полную величину и направление скорости течения. Преимущество двухкомпонентного датчика состоит в том, что благодаря реверсивности пропеллерных вертушек автоматически отфильтровывается знакопеременная волновая составляющая течения, а также исключается влияние раскачивания несущего буйрепа. Однокомпонентные пропеллерные датчики таким свойством не обладают, так как благодаря хвосту разворачиваются навстречу знакопеременной части потока.

Преобразование числа оборотов вертушки в электрическое напряжение осуществляется с помощью двух проволочных круговых потенциометров. Осреднение скорости течения производится непрерывно за весь период между циклами измерений. Потенциометры вращаются вкруговую без сброса в нулевое положение после считывания.

---

[1] Двухкомпонентный способ измерения течения. Авт. свид. ААНИ № 267102.— Бюлл. изобр. № 12, 1970.

Вертушки АЦИТТ выполнены методом горячей прессовки из полипропилена, имеющего положительную плавучесть. Малая масса вертушек и стабильность геометрической формы обеспечивают порог чувствительности около 1,5 см/с и высокую повторяемость характеристики.

Двухкомпонентный способ измерения течения предполагает, что угловая ориентация корпуса прибора относительно стран света известна. Угловое положение прибора измеряется магнитным компасом, обладающим интегрирующими свойствами. Кратковременная стабилизация прибора по направлению достигается способом его подвески на кронштейне к несущему буйрепу. При таком способе подвески прибор стабилизируется в плоскости наклона троса за счет свисания на кронштейне.

Магнитный компас состоит из свободно плавающей магнитной картушки, угловое положение которой преобразуется в электрический сигнал с помощью жидкостного электролитического преобразователя. Компас снабжен магнитным демпфером, выполняющим функцию интегратора измеряемого угла. Магнитный демпфер представляет собой второй миниатюрный компас, магнитно связанный с основным. Внутренняя полость демпферного компаса заполнена поликсилаксановым маслом требуемой вязкости. Демпфер является сменным элементом, что позволяет устанавливать постоянную времени компаса от 3 мин до 1 ч.

Температура воды измеряется платиновым термометром сопротивления с нулевым сопротивлением 500 Ом, который вместе с опорным проволочным сопротивлением образует потенциометрическую схему. Показатель тепловой инерции термометра может изменяться в пределах от 30 с до 30 мин за счет установки сменных элементов, отличающихся конструкцией защитного кожуха и теплоизолирующего экрана. Термометр подключается к схеме через штепсельный разъем с многократным дублированием контактов, что позволяет при малом переходном сопротивлении производить быструю замену чувствительных элементов.

Датчик глубины погружения представляет собой манометр пружинного типа с индуктивным преобразователем величины перемещения чувствительного элемента в электрический сигнал. В качестве пружинного элемента используется манометрическая трубка Бурдона. Индуктивный преобразователь выполнен на низкочастотном ферритовом сердечнике чашечного типа с переменным зазором, образуя регулируемую индуктивность. Характеристика индуктивного преобразователя имеет большую крутизну в начале шкалы при низких давлениях и малую крутизну при больших давлениях. Это обеспечивает высокую разрешающую способность датчика на поверхности около 0,2 м с плавным уменьшением до м на предельной глубине 6000 м.

Датчик электропроводности воды бесконтактного типа (рис. 21.13) представляет собой конструкцию из двух тороидальных трансформаторов с ферритовыми сердечниками, заключенными в общую изоляционную оболочку с центральным отверстием. При

погружении датчика в воду образуется замкнутый виток воды, охватывающий сердечники обоих трансформаторов. При подключении питания к первому трансформатору во втором наводится напряжение, пропорциональное электропроводности воды. В данном приборе используется компенсационный метод измерения электропроводности витка, при котором напряжение со второго трансформатора сводится к нулю путем пропускания по дополнительной обмотке встречного тока, равного току в витке воды, но противоположного направления. Центральное отверстие датчика электропроводности, по которому замыкается водяной виток, ка-

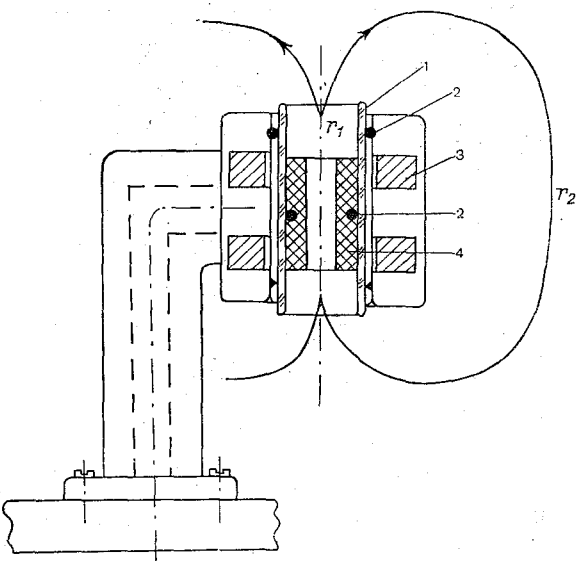


Рис. 21.13. Датчик электропроводности АЦИТТа.

1 — стеклянная трубка, *2* — резиновые уплотнительные кольца, *3* — ферритовые сердечники, *4* — калиброванная вставка.

либровано с помощью стеклянной трубки со строго определенным геометрическими размерами, что обеспечивает долговременную стабильность паспортных характеристик датчика.

Датчик угла наклона прибора от вертикали представляет собой тороидальное кольцо с внутренней полостью, до половины заполненной электропроводной жидкостью, в которой расположены питающие и токосъемный электроды. Электропроводная жидкость и система электродов образуют потенциометрическую схему. Выходное напряжение датчика формируется разностью уровней жидкости в двух половинах кольца за счет изменения переходного сопротивления жидкость—электрод. Протекание жидкости из одной половины в другую при наклоне прибора демпфируется капиллярным отверстием, через которое сообщаются полости. Датчик угла наклона конструктивно объединен в один узел с магнитным компасом и подключается к измерительной схеме через общий разъем

Градуировка и поверка. Общая измерительная схема прибора благодаря свойствам цифрового индуктивного компенсатора обеспечивает единство градуировочной характеристики во всей партии приборов. Поверка измерительной схемы сводится к сличению результата измерения контрольного параметра, встроенного в схему, заведомо известным числовым значением.

Датчики АЦИТТа имеют индивидуальные градуировочные характеристики, которые устанавливаются их градуировкой и периодической поверкой. Результаты градуировки в виде таблиц, коэффициентов аппроксимации и градуировочных констант указываются паспорте прибора и вводятся в память ЭВМ при обработке данных.

Градуировка двухкомпонентного датчика скорости течения проводится в линейном гидрометрическом бассейне. Для этого прибор устанавливается в среднем сечении канала бассейна с помощью специальной штанги, имитирующей буйреп, и штатного кронштейна подвески. Штанга закрепляется на подвижной тележке, разгоняемой вдоль бассейна с различными скоростями. Предполагается, что движение прибора относительно воды равноценно движению воды относительно прибора. Каждая пропеллерная вертушка поочередно устанавливается вдоль потока и снимается ее градуировочная характеристика в полном диапазоне измеряемых скоростей. Помимо основных градуировочных кривых снимается диаграмма направленности вертушек — зависимость числа оборотов от угла ориентации относительно потока при постоянной скорости потока.

При типовых испытаниях новой партии приборов определяются дополнительные погрешности датчика течения от воздействия знакопеременной составляющей потока. Знакопеременная составляющая потока при равномерной скорости движения тележки создается вспомогательным приспособлением, обеспечивающим вертикальное или горизонтальное волнообразное перемещение прибора. Градуировка и поверка датчика выполняются по аналогичным методикам.

Магнитный компас, установленный в рабочее положение внутри прибора, градуируется путем разворота корпуса прибора на специальном поворотном круге на заданные углы. Работы проводятся спокойном магнитном поле Земли при отсутствии искусственных естественных возмущений. Перед началом градуировки устраняются девиационные поправки, которые обусловлены наличием приборе магнитных муфт и двигателем магнитного регистратора. Девиационные поправки компенсируются установкой в нужное положение специального девиационного магнита.

Градуировка и поверка термометра сопротивления производится в двух точках шкалы при температурах 0 и +30°С. Для градуировки используются два термостата с точностью поддержания температуры в пределах ±0,01°С. Температура в термостатах контролируется образцовыми ртутными равноделенными термометрами 1-го разряда.

Показатель тепловой инерции термометра измеряется путем записи времени полного переходного процесса изменения его сопротивления при скачкообразном изменении внешней температуры. За показатель тепловой инерции принимается период времени, в течение которого температура чувствительного элемента термометра изменяется на 63% от полной разности температур в установившемся режиме.

Датчик электропроводности воды поверяется по двум основным характеристикам: электрической константе, характеризующей электрические параметры, и геометрической константе, являющейся показателем стабильности геометрических размеров датчика. Контроль электрической части схемы датчика производится с помощью образцовой катушки сопротивления 100 Ом, которая подключается к одновитковой петле, продетой в отверстие датчика. При этом результат контрольного измерения отличается от номинала не более ±0,02%.

Геометрическая константа измеряется методом «калиброванной вставки», разработанным в ААНИИ. Сущность метода заключается в проведении двойного измерения полного сопротивления водного витка датчиком с исходными характеристиками и датчиком, характеристики которого сдвинуты на заданную величину. Изменение характеристики достигается помещением внутрь канала датчика калиброванной вставки, которая изменяет сопротивление канала в заданное число раз. При вычитании результатов измерений двух опытов в чистом виде выделяется сопротивление части витка воды, ограниченной внутренним каналом. Затем по точно известным геометрическим размерам канала строго цилиндрической формы рассчитывается удельное сопротивление и геометрическая константа. На рис. 21.13 показана условная схема датчика электропроводности с калиброванной вставкой в канале. На этой схеме через r_1 обозначено сопротивление датчика, ограниченного стеклянной трубкой, а через r_2 — внешнее сопротивление датчика, зависящее от размеров и формы как самого датчика, так и близко расположенных элементов конструкции. Полное сопротивление витка воды R_1 равняется их сумме:

$$R_1 = r_1 + r_2.$$

Геометрическая константа датчика определяется по формуле

$$K_0 = \frac{R_1}{r_1}.$$

Настоящая методика позволяет проводить проверку константы датчика в экспедиционных условиях путем двойного погружения прибора в термостабильный слой.

Датчик глубины погружения градуируется и поверяется на специальной установке, включающей в себя масляный гидравлический компрессор и грузопоршневой образцовый манометр класса 0,[illegible] Градуировка выполняется при плавном нарастании и спаде давления от 0 до 600 атм. по 10 точкам шкалы.

Жидкостный датчик угла отклонения прибора от вертикали градуируется и поверяется с помощью угломерного приспособления, снабженного пузырьковым уровнем. Показания датчика отсчитываются через измерительную схему прибора. Градуировка производится в штатном положении датчика при наклоне его вместе с корпусом прибора от 0 до 30° от вертикали. Характеристика датчика линейная, так что градуировка и поверка могут выполняться по двум точкам.

Глава 22. ДИСТАНЦИОННЫЕ ГИДРОЗОНДЫ

22.1. Назначение и разновидности гидрозондов

Комплекс приборов и устройств для измерения распределения по глубине одного или нескольких физических и химических параметров морской воды называется гидрозондом.

Как правило, конкретные названия гидрозондов складываются из наименований измеряемых ими параметров. Наибольшее распространение получили гидрозонды для измерения глубины и температуры — батитермозонды (батитермографы); глубины, температуры, солености — батитермогалинозонды (батитермогалинографы); глубины и растворенного кислорода — батиоксиметры и др. Существуют также комплексы, которые измеряют одновременно глубину, температуру, соленость (электропроводность), скорость звука и растворенный кислород. В отечественной литературе еще нет установившегося наименования таких гидрозондов, правда, следует отметить, что чаще всего они называются как гидрологические зондирующие комплексы.

За границей наибольшее распространение получило краткое название таких комплексов как STD/SV/DO-системы.

По способу зондирования (способу получения вертикального профиля распределения параметров) гидрозонды можно разделить на 3 группы: гидрозонды свободного падения одноразового действия; гидрозонды свободного падения и всплытия многократного действия; гидрозонды с силовой связью с бортом судна, аппарата или платформы.

Гидрозонды свободного падения разового действия отличаются тем, что погружаемая часть (измерительная головка) с чувствительными элементами сбрасывается с борта судна и свободно погружается. Информация передается по тонким изолированным проводам или по акустическому каналу на борт судна. При удалении погружаемой части от борта судна на расстояние, большее длины проводов или радиуса действия акустической связи происходит прекращение связи и потеря измерительной головки. Преимущества таких гидрозондов заключаются в оперативности получения качественных профилей гидрологических параметров как на стоянке, так и на ходу судна. Наиболее известным представителем

гидрозондов этой группы является сбрасываемый батитермозонд фирмы Sippican (США).

Гидрозонды свободного падения и всплытия многократного действия отличаются тем, что они имеют положительную плавучесть и для заглубления их используется специальный груз. После сбрасывания зонда за борт судна он плавно погружается до заданной глубины, где происходит автоматическое отсоединение груза. Под действием сил плавучести зонд равномерно всплывает на поверхность и обнаруживается судном. Регистрация измеряемых параметров осуществляется автономно в погружаемой части зонда графически, либо в цифровой форме на магнитной ленте. Преимущество таких зондов заключается в большем разрешении по глубине в связи с малой (и регулируемой заранее) скоростью погружения, всплытия и независимости показаний от поведения судна (стоянка, движение, качка и др.). Недостаток заключается в большой вероятности потери зонда при поиске в плохую погоду. Наиболее известным гидрозондом такой группы является STD система 7065 фирмы Bissett—Berman (США).

Гидрозонды с силовой связью отличаются наличием постоянной силовой связи погружаемой части зонда с бортом судна, аппарата или платформы. Эта связь используется для опускания и подъема измерительного устройства. По способу передачи и регистрации информации эту группу гидрозондов можно разделить на две подгруппы:

1) гидрозонды с дистанционной передачей информации по линии связи из погружаемой в бортовую часть зонда. В качестве линий связи используются кабели, кабель-тросы или акустические каналы, например, STD — система 9040 фирмы Bissett—Berman (США), «Bathisonde T-87» фирмы Howaldtswerke (ФРГ), «Исток» (МГИ АН УССР), «Аист» (ИО АН СССР), зонд-батометр ЦКБ ГМП (СССР), зонд фирмы CSIRO (Австралия);

2) гидрозонды с автономной регистрацией информации в погружаемой части зондов, например, STD — система 9060 фирмы Bissett—Berman (США).

По принципу построения измерительных схем и способу представления информации все гидрозонды делятся на два больших класса — аналоговые и цифровые.

В гидрозондах с аналоговым измерительным устройством носителями информации являются сила, напряжение или частота колебаний электрического тока. Эти параметры электрического тока непрерывно по времени передаются по линиям связи. К этому классу гидрозондов относятся частотные приборы фирм Bissett—Berman, NUS (США), Howaldtswerke (ФРГ), батитермозонды ЧБТЗ (ИО АН СССР), «Краб» (СЭКБ промрыболовства СССР), батитермооксиметр ИКС-4 (МГИ АН УССР) и токовые приборы фирмы Guildline instruments Ltd (Канада).

В гидрозондах с цифровыми измерительными устройствами производится преобразование измеряемого параметра в цифровой (числовой) эквивалент с помощью цифровых измерительных пре

образователей, расположенных в погружаемой части зондов. Информация передается последовательными двоичными или двоично-десятичными кодами, модулирующими силу, напряжение или частоту колебаний электрического тока. Коды передаются дискретно (в отдельные моменты времени) по линии связи из погружаемого в бортовое устройство зонда.

Таким образом, с помощью гидрозондов с цифровым измерительным устройством производится квантование измеряемых параметров как по уровню, так и по времени. Наиболее известными приборами этого класса являются: модель 1001 фирмы Litton (США), «Исток» (МГИ АН УССР), «Аист» (ИО АН СССР), зонд-батометр (ЦКБ ГМП ГУГМС).

22.2. Батитермограф разового действия

Назначение, состав и принцип действия. Батитермограф разового действия предназначается для измерения температуры воды в океане с борта неподвижного или движущегося судна.

На рис. 22.1 представлена схема батитермографа разового действия Т-4 фирмы Sippican (США). Прибор состоит из погружаемого устройства (датчика), устройства сбрасывания и регистратора. Погружаемое устройство представляет собой тело обтекаемой формы и состоит из термисторного датчика температуры *1*, груза *2*, каркаса со стабилизаторами *3* и катушки с тонким двужильным кабелем *4*.

Устройство сбрасывания состоит из направляющей трубы *5*, зарядного устройства *6*, гильзы *7* с катушкой изолированного тонкого двухжильного кабеля *8* и спусковой чекой *9*, стойки *10* и кабеля *11*. Регистратор *12* представляет собой несколько модифицированный серийный самописец с рулонной диаграммной лентой. Протяжка диаграммной ленты производится пропорционально времени.

После изготовления датчик помещается в индивидуальную гильзу и затем транспортируется и хранится в ней постоянно вплоть до использования.

Упрощенная электрическая схема батитермографа показана на рис. 22.2 и представляет собой неуравновешенный измерительный мост Уитстона с регистрирующим прибором в измерительной диагонали. Сопротивления плеч моста *R1*, *R2*, *R3*, *R4*, *R5* монтируются на задней крышке гильзы *7* и подбираются в заводских условиях индивидуально для каждого датчика температуры R_t таким образом, чтобы напряжение на измерительной диагонали моста имело одну и ту же (в пределах допуска) функциональную зависимость от температуры, одинаковую для всех зондов.

Основные технические характеристики

Диапазон измеряемой температуры, °С	от —2 до +35
Погрешность измерения температуры, °С	±0,15
Глубина зондирования, м	0—460
Погрешность измерения глубины, м	±5

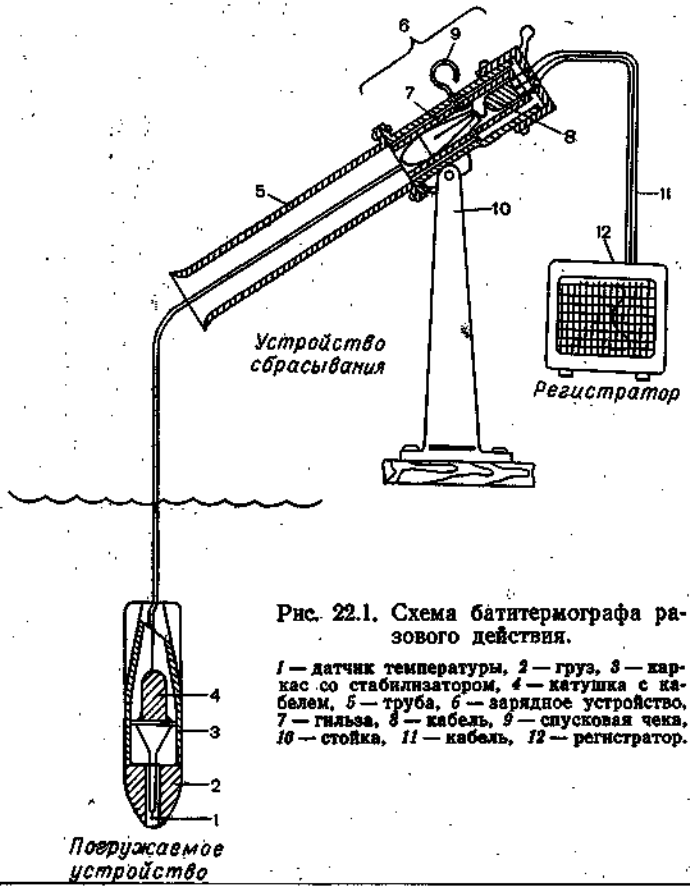


Рис. 22.1. Схема батитермографа разового действия.

1 — датчик температуры, *2* — груз, *3* — каркас со стабилизатором, *4* — катушка с кабелем, *5* — труба, *6* — зарядное устройство, *7* — гильза, *8* — кабель, *9* — спусковая чека, *10* — стойка, *11* — кабель, *12* — регистратор.

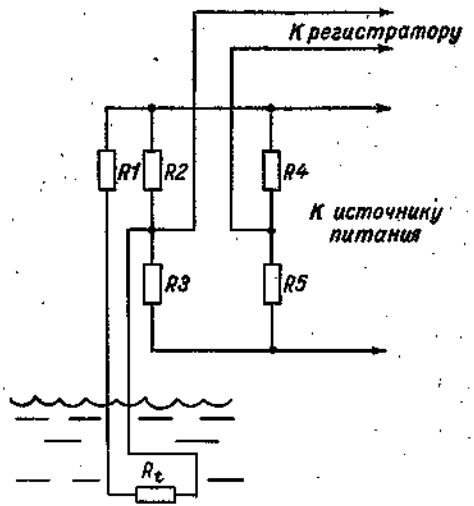


Рис. 22.2. Упрощенная электрическая схема батитермографа фирмы Sippican (США).

Время измерения, с	90
Скорость движения судна, уз	0—30
Состояние моря, баллы	0—5
Габариты:	
длина, мм	355
диаметр, мм	69
масса, кг	1,2
Питание:	
напряжение, В	110
рабочая частота, Гц	60
Питание (по особому заказу):	
напряжение, В	110
рабочая частота, Гц	50

Принцип действия всего измерительного устройства заключается в следующем.

В момент установки гильзы в зарядное устройство и закрепления ее на короткое время автоматически включается регистратор. При этом перо регистратора устанавливается в среднее положение шкалы и в результате движения диаграммной ленты делает начальную отметку. Через некоторое время отключается устройство протяжки диаграммной ленты. После выдергивания спусковой чеки, погружаемое устройство под действием собственного веса начинает двигаться по направляющей трубе и падает в воду. В момент погружения датчика в воду на самописце регистрируется всплеск (переход пера в положение, соответствующее значению поверхностной температуры) и включается протяжка диаграммной ленты. Так как скорость падения погружаемого устройства постоянна во времени и заранее известна, то глубина погружения будет прямо пропорциональна времени, т. е. длине расхода диаграммной бумаги регистратора. Таким образом, на диаграммной ленте будет зафиксировано распределение температуры по глубине. Наличие двух катушек проводов в погружаемом устройстве и в гильзе, закрепленной на борту судна, создает возможность свободного независимого сматывания кабеля с катушек таким образом, что ни кабель, ни судно не оказывают возмущающего воздействия на траекторию и скорость движения погружаемого устройства. Именно эта особенность двухкатушечной системы смотки кабеля позволяет производить измерения на ходу судна, идущего со скоростью до 30 уз. После того, как будет использована вся длина кабеля, погружаемое устройство обрывается и теряется. Через 90 с после начала работы регистратор автоматически отключается и диаграммная бумага с изображенной функцией распределения температуры по глубине может быть извлечена из самописца для дальнейшей обработки.

Методика работы с батитермографом и уход за ним. Закрепить устройство сбрасывания на борту судна так, чтобы выходной торец направляющей трубы выступил за габариты судна.

Подать питающее напряжение на регистратор.

Достать из упаковочного ящика гильзу с погружаемым устройством, убедиться в целостности гильзы и подсоединительных устройств (контактов).

Снять с гильзы предохраняющие крышки, вложить ее в зарядное устройство и зафиксировать рычагом. При этом должен включиться регистратор, перо регистратора должно переместиться в среднее положение шкалы, диаграммная лента должна несколько продвинуться и остановиться.

Наклонить направляющую трубу в сторону моря на угол 20—40° к горизонту, закрепить ее и выдернуть чеку. Убедиться в том, что погружаемое устройство вошло в воду, кабель цел и свободно сматывается с катушки, расположенной в гильзе.

Через 90 с после входа погружаемого устройства в воду вынуть гильзу из зарядного устройства, установить устройство сбрасывания в походное положение и закрепить его.

Открыть дверцу регистратора, отрезать диаграммную ленту с графиком распределения температуры по глубине и подготовить регистратор к следующему циклу измерения.

Обработать полученные данные и записать показания в рабочий журнал.

Уход за прибором. Поскольку погружаемое устройство используется только один раз, то практически никакого ухода за ним, за исключением соблюдения правил хранения и транспортировки, не требуется. Уходу подлежит только устройство сбрасывания, кабель бортовой и регистратор. Устройство сбрасывания должно оберегаться от повреждений, изгибов, сплющиваний и коррозии. Контакты зарядного устройства должны систематически очищаться от пыли и солевых налетов. Самописец периодически, согласно установленным в инструкции по эксплуатации срокам, должен очищаться от бумажной пыли, смазываться и поверяться в базовых условиях. Кабель должен быть проложен в местах, не мешающих проходу и работе.

22.3. Батитермозонд «Краб»

Назначение, состав и принцип действия. Батитермозонд «Краб» (дистанционный батитермограф) предназначен для измерения температуры морской воды на стоянке и на ходу судна и автоматической индикации и регистрации данных в числовой и графической формах.

Прибор предназначен для использования при поиске промысловых скоплений рыбы на научно-поисковых и промысловых судах.

В состав батитермозонда «Краб» входит подводный блок (погружаемое устройство), бортовой блок и блок управления регистрации. Для графической регистрации результатов измерений могут использоваться самопишущие потенциометры типов Н320-3 Н327-3, Н390, ПДС-021 и другие, для цифровой регистрации — цифропечатающая машина типа ЦПМ-1.

Основные технические характеристики

Диапазон измерения температуры, °С	от —2 до +30
Погрешность измерения температуры, °С	±0,1
Диапазон измерения глубины, м	0—1200
Погрешность измерения глубины, % от всей шкалы	±1
Скорость движения судна при измерении температуры до глубины 500 м, уз	7
Питание:	
напряжение, В	220
рабочая частота, Гц	50
Мощность потребления (с регистраторами), Вт	550
Габаритные размеры, мм:	
блок бортовой	490×390×420
блок управления регистраторами	490×190×430
блок подводный	650×150
Масса, кг:	
блок бортовой	34
блок управления регистраторами	21
блок подводный	15

Подводный блок соединяется с бортовым блоком кабель-тросом типов КОБД, КПКО, «Рыбацкий».

Структурная схема батитермозонда «Краб» показана на рис. 22.3. Передача информации о глубине и температуре от погружаемого устройства к бортовому производится частотными сигналами по одножильному кабель-тросу с одновременной передачей по этому же кабелю питающего напряжения.

В состав подводного блока входит датчик давления типа ДДВ-120Р на 120 атм. Частота выходного сигнала с этого датчика пропорциональна гидростатическому давлению.

Датчик температуры представляет собой полупроводниковое термосопротивление типа МТ-64. Датчик температуры включен в схему термогенератора, у которого период частоты выходного сигнала линейно зависит от температуры.

Фильтры служат для разделения сигналов информации, передаваемых с подводного блока и напряжения питания, поступающего с бортового устройства.

Блок питания преобразует и стабилизирует напряжения питания на схемы подводного блока.

Сигналы с подводного блока поступают по линии связи через токосъемник лебедки в бортовой блок.

Бортовой блок служит для выделения сигналов глубины и температуры, преобразования их в форму, удобную для аналоговой и цифровой индикации и регистрации.

После прохождения через устройство разделения каналов сигнал датчика давления преобразуется функциональным преобразователем (линеаризатором) в сигнал с линейной зависимостью периода от глубины. Такое преобразование вызвано тем, что датчик давления типа ДДВ имеет нелинейную зависимость давление—частота (период).

Логические устройства каналов глубины и температуры идентичны и служат для формирования сигналов управления счетно-индикаторными устройствами. Счетно-индикаторные устройства

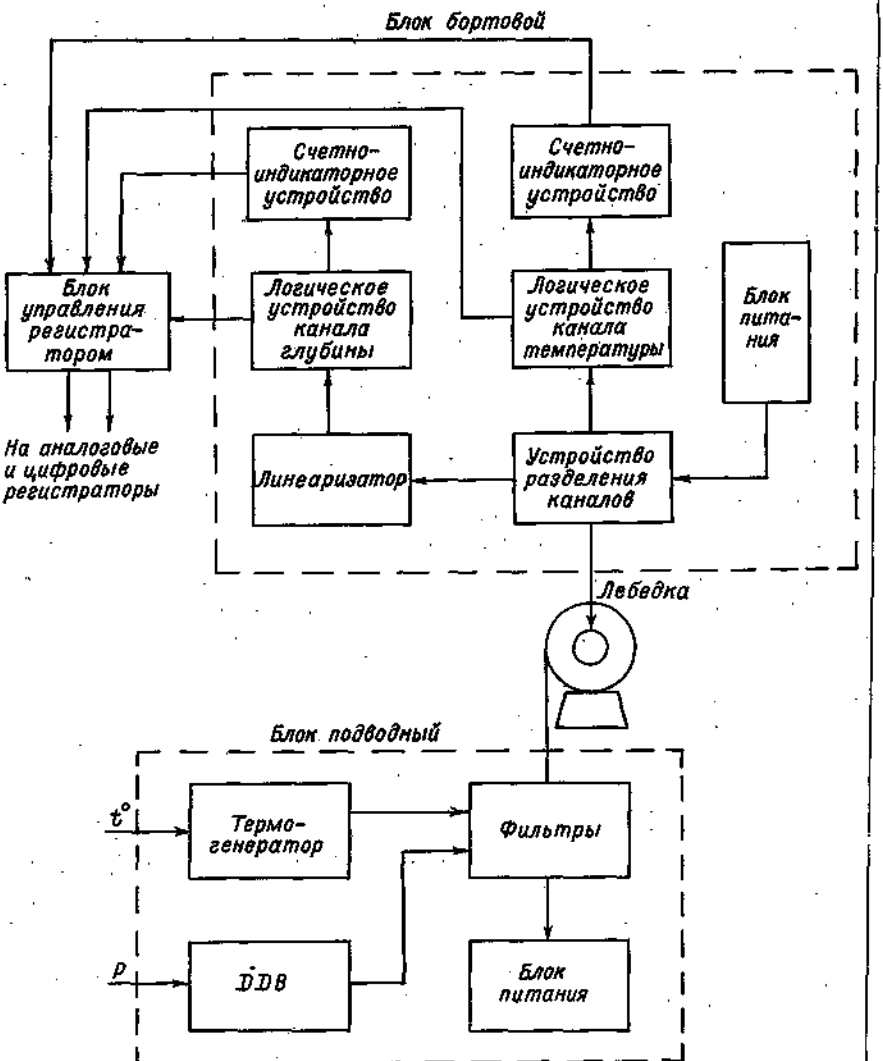


Рис. 22.3. Структурная схема батитермозонда «Краб».

преобразуют сигналы в форму, необходимую для вывода их н цифровые индикаторы и формируют сигналы для блока управлени регистраторами.

Блок управления регистраторами вырабатывает сигналы, необходимые для регистрации температуры и глубины на самописцах и цифропечатающей машине ЦПМ.

Методика проверки и калибровки батитермозонда. Проверка работоспособности и калибровка измерительных каналов батитермозонда «Краб» может быть проведена по методике, изложенной для термогалинозонда «Исток-3» в разделе 22.6.

Методика работы с батитермозондом «Краб» и уход за ним. Все работы с батитермозондом проводить согласно разделу технического описания «Инструкция по эксплуатации электронного батитермографа «Краб».

Проверить цепи заземления бортового блока и блока управления регистраторами.

Включить питание на бортовое и погружаемое устройства и дать прогреться термостатам 60 мин.

Включить питание на блоке управления регистраторами.

Подготовить к работе ЦПМ и самописец согласно инструкции по их эксплуатации.

Для ускорения погружения к подводному блоку прикрепить каплевидный гидрологический груз 50 кг.

С помощью лебедки опустить подводный блок на 1—2 метра под воду.

Включить ЦПМ и самописец.

Опускать подводный блок до заданной глубины.

Отсчет глубины и температуры вести с цифровых табло, заносить их в журнал с учетом поправок из графика поправок, который находится в формуляре прибора. Отсчет вести с точностью единицы последнего знака, соответствующих 1 м и 0,01°С.

После окончания измерений выключить приборы.

Поднять на борт подводный блок.

Обработать графики и ленты ЦПМ и занести данные в журнал.

Для обеспечения высокой надежности соединения контактов и герметичности разъема подводного блока необходимо регулярно производить осмотр контактов и прокладок разъема и при необходимости производить их чистку и замену.

22.4. Общие сведения о термогалинозондах

Для измерения температуры и солености морской воды используются автоматизированные гидрологические комплексы-термогалинозонды.

В основу измерения солености положен косвенный метод измерения солености по удельной электропроводности, температуре и гидростатическому давлению.

В зависимости от способа определения солености термогалинозонды делятся на два класса — *CTD*-системы и *STD*-системы. В *CTD*-системах с помощью погружаемого устройства раздельно и синхронно измеряются удельная электропроводность (C), температура (T) и глубина (D). Информация передается по линии

Таблица 22.1

Основные технические характеристики некоторых термогалинозондов

Характеристика	Bisset — Berman (США)	Litton (США)	Howaldt (ФРГ)	*TSK* (Япония)	„Исток" (СССР)	Зонд-батометр (СССР)	„Анст" (СССР)
Диапазон измерения температуры, °С	−2— +35	−2— +38	−2— +35	−2— +35	−2— +35	−2— +32	−2— +30
Точность измерения температуры, ±°С	0,02	0,01	0,02	0,05	0,03	0,03	
Диапазон измерения давления, атм	0—50 0—100 0—200 0—400 0—600	0—250	0—250	0—30	0—200	0—200	0—200
Точность измерения давления, ±% шкалы	0,5	0,2	1,5	0,5	0,25	1,0	0,25
Диапазон измерения: электропроводности, 1/Ом · см	$(10—60)\cdot 10^{-3}$				$(13—68)\cdot 10^{-3}$	$(17—71)\cdot 10^{-3}$	
солености, ‰		30—40		30—38	12—42	14—42	
Точность измерения: электропроводности, ±1/Ом · см	$0{,}03\cdot 10^{-3}$				$0{,}04\cdot 10^{-3}$	$0{,}04\cdot 10^{-3}$	
солености ±‰		0,02		0,04	0,05	0,05	
Показатель тепловой инерции датчика, с	0,35	0,35	0,3	0,8	<1	<1	

связи в бортовое устройство, а соленость вычисляется с помощью универсальной или специализированной вычислительной машины.

К таким термогалинозондам относятся Bathisonde T-87 (ФРГ), модель 1001 (фирма Litton, США), приборы фирмы Guildline—Instruments Ltd (Канада), «Исток» (МГИ АН УССР), «Аист» (ИО АН СССР), зонд-батометр (ЦКБ ГМП ГУГМС). В *STD*-системах в погружаемом устройстве также измеряются удельная электропроводность, температура, глубина и с помощью специализированных функциональных преобразователей, входящих в канал удельной электропроводности и расположенных в погружаемом устройстве, автоматически компенсируется влияние температуры и давления на соотношение электропроводность—соленость. С погружаемого устройства *STD*-системы поступает информация о значении солености (S), температуры (T) и глубины (D) в виде частотно-модулированных сигналов. Для определения солености в *STD*-системах не требуется дополнительных вычислительных устройств. К данному классу термогалинозондов относятся модели 9006, 9040, 9060 фирмы Bissett—Berman, Plessey США.

По принципу построения измерительных схем погружаемого устройства и способу передачи информации термогалинозонды делятся на аналоговые и цифровые. В СССР наибольшее распространение получили цифровые термогалинозонды (табл. 22.1).

Ниже дается краткое описание зонд-батометра и более подробное термогалинозонда «Исток-3».

22.5. Гидрологический комплекс зонд-батометр [1]

Гидрологический комплекс зонд-батометр служит для автоматического измерения и регистрации распределения температуры и электропроводности морской воды по глубине, а также для автоматического забора проб воды батометрами на стандартных горизонтах или по желанию оператора на любой глубине.

Основные технические характеристики

Количество батометров, шт.	18
Емкость батометра, л	1
Длительность цикла измерения, с:	
трех параметров	0,6
четырех параметров	0,8
Питание:	
напряжение, В	220
частота, Гц	50
Потребляемая мощность, Вт	150

Зонд-батометр предназначен для эксплуатации на научно-исследовательских судах, оборудованных кабельной лебедкой. В настоящее время используется гидрологическая лебедка

[1] Составлен Л. В. Щегловой.

(проект 1266.00.000), разработанная и изготовляемая в СЭКБ Промрыболовства МРХ СССР. Габариты лебедки — 1415×1045×1160 мм. Лебедка поставляется вместе с одножильным кабелем-тросом длиной 2000 м.

Комплекс зонд-батометр состоит из бортового и погружаемого устройств. Структурная схема комплекса приведена на рис. 22.4.

Бортовое устройство частично устанавливается в гидрологической лаборатории, где температура воздуха может меняться в пределах от +5 до +35°С. Относительная влажность не должна превышать 85% при температуре +35°С. Бортовое устройство

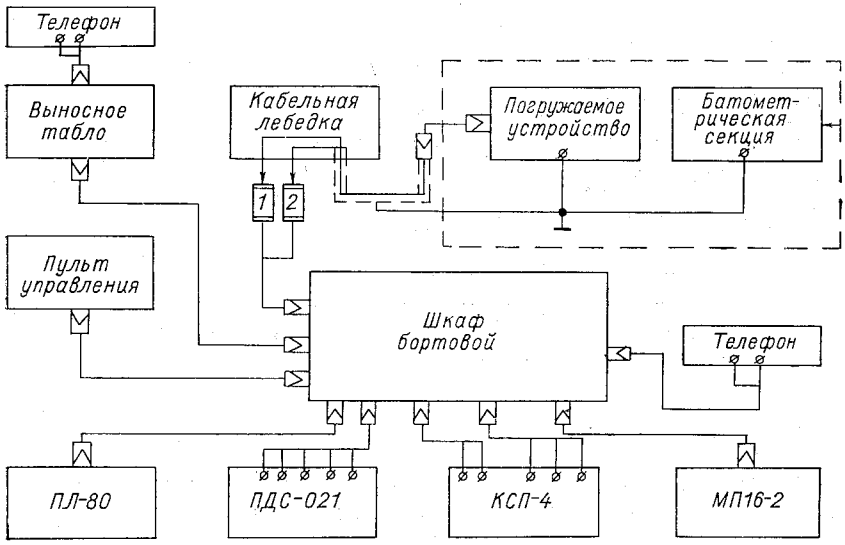


Рис. 22.4. Структурная схема комплекса зонд-батометр.

ПЛ-80 — ленточный перфоратор, ПДС-021 — двухкоординатный графопостроитель, КСП-4 — самописец, МП-16-2 — цифропечатающий механизм.

включает бортовой шкаф, пульт управления, цифропечатающий механизм типа МП-16М, самописец КСП-4, двухкоординатный графопостроитель ПДС-021М, ленточный перфоратор ПЛ-80. Рядом с трос-кабельной лебедкой устанавливается выносное табло с телефоном для связи с гидрологической лабораторией.

Погружаемое устройство (рис. 22.5) представляет собой металлический контейнер с установленными на нем датчиками температуры, давления и электропроводности. В контейнере размещены измерительный блок и блок управления. Подача электроэнергии на погружаемое устройство осуществляется с борта судна по трос-кабелю, который одновременно служит для передачи команд управления и для получения информации от погружаемого устройства.

Батометрическая секция погружаемого устройства — это съемная металлическая конструкция, крепящаяся на трос-кабеле и

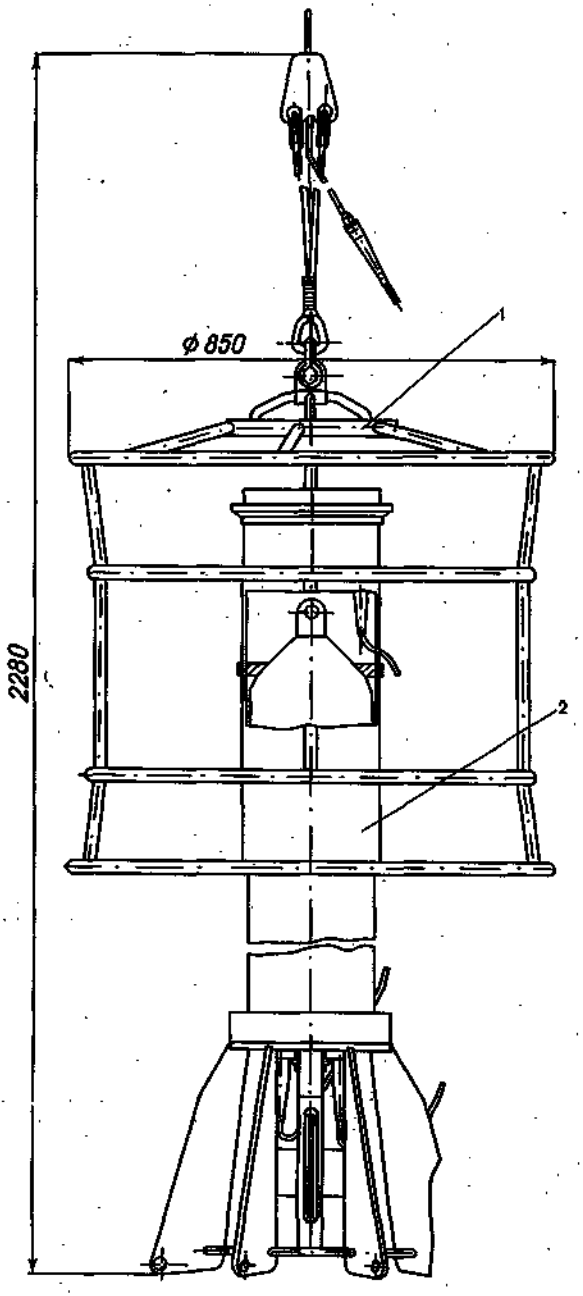


Рис. 22.5. Зонд-батометр.

1 — съемная конструкция батометрической секции, *2* — металлический контейнер с датчиками.

охватывающая металлический контейнер с датчиками. В секции закреплены 18 батометров типа БМ-48, механизм управления срабатыванием батометров и исполнительный механизм. Для градуировки датчиков температуры предусмотрено подвешивание опрокидывающихся термометров.

Для удобства работы оператора, управляющего работой лебедки, вблизи ее установлено выносное табло с цифровой индикацией текущих значений измеряемых параметров. Здесь же установлен телефон для связи с обслуживающим персоналом, находящимся в гидрологической лаборатории.

Управление и задание режима зондирования осуществляется с пульта управления. На этот пульт выведено цифровое показание значений температуры, давления, электропроводности и номера срабатываемого батометра, параллельно эти данные передаются и на выносное табло.

Шкаф бортовой предназначен для формирования команд управления погружаемым устройством, приема информации, поступающей по кабель-тросу из погружаемого устройства, преобразования принятой информации в код, необходимый для регистрации на соответствующей аппаратуре.

Информация, поступающая из погружаемого устройства в виде амплитудно-модулированного сигнала с несущей частотой порядка 11 кГц, преобразуется: а) в двоично-восьмеричный код для регистрации на перфоленте, б) в двоично-десятичный код, а затем в десятичный для регистрации на цифропечатающем механизме и световом табло и в) в параллельный двоичный код, а затем в аналоговое напряжение для регистрации на самописцах.

Запись информации на регистрирующей аппаратуре осуществляется в соответствии со скоростью поступления информации и составляет 0,6 с при измерении и записи трех параметров и 0,8 с при записи и измерении четырех параметров (четвертым параметром считается номер срабатываемого батометра).

Для управления работой зонд-батометра на пульте расположены:

— тумблер «сеть» для подачи напряжения 220 В, 50 Гц на блоки питания в бортовом шкафу;

— тумблер «перфорация» для подачи напряжения —27 В на блок управления перфорацией в бортовом шкафу;

— тумблер «цифропечать» для подачи напряжения 220 В на цифропечатающий механизм и —12 В на блок управления цифропечатью бортового шкафа;

— тумблер «аналог» для подачи напряжения +5 В и —12 В на блоки управления самописцем бортового шкафа;

— тумблер «параметры» для переключения количества параметров в цикле (3 или 4);

— тумблер «стоп», отключающий работу всего комплекса после измерения и регистрации полного цикла;

— тумблер «контроль», разрешающий формирование команды «контроль» в блоке управления бортового шкафа;

— тумблер «автомат», разрешающий формирование команды «запуск батометров» на стандартных горизонтах;

— тумблер «команда на ВТ», включающий аварийную лампу на выносном табло;

— кнопка «пуск», разрешающая формирование команды «пуск» в блоке управления бортового шкафа;

— кнопка «запуск», разрешающая формирование команды «запуск батометров» на нестандартных горизонтах;

— кнопка «сброс», ставящая на нули счетчик батометров в блоке управления бортового шкафа;

— переключатель «параметры» для выбора соответствующего параметра для индикации на световом табло;

— переключатель «частота измерения» для изменения скорости опроса датчиков от максимальной до уменьшенной в 2, 4 и 8 раз по сравнению с максимальной;

— лампа «сбой», сигнализирующая о наличии сбоя или обрыва линии связи.

Для измерения температуры в погружаемом устройстве используется медный термометр сопротивления типа ЭТС-2У. Электропроводность морской воды измеряется индуктивным датчиком, разработанным в ЦКБ ГМП, состоящим из двух тороидов, индуктивно связанных через морскую воду. Глубину погружения опускного устройства определяют по гидростатическому давлению морской воды. В зонд-батометре применены два датчика давления: первый типа ДТМ-25 для работы в верхнем слое от 0 до 250 м и второй — типа МД-200Т, работающий на глубинах от 250 до 2000 м. Переход от работы одного датчика к другому осуществляется автоматически при прохождении глубины 250 м.

Результаты измерений выдаются для регистрации на самописец КСП-4, графопостроитель ПДС-021, цифропечатающий механизм МП-16 и ленточный перфоратор ПЛ-80. На ленте самописца КСП-4 может быть записано распределение во времени одного из измеряемых параметров, на графопостроителе — изменение по глубине либо температуры, либо электропроводности. Цифропечатающий механизм выдает ленту с результатами всех измеряемых параметров в десятичном виде в условной форме. На перфоленте информация представлена в двоично-восьмеричном виде в следующей форме:

— EEEE. TTTT. PPPP. NNNN — EEEE. TTTT. PPPP. NNNN... — один цикл измерений четырех параметров.

— EEEE. TTTT. PPPP — EEEE. TTTT. PPPP... — один цикл измерений трех параметров.

Эта перфолента служит для дальнейшей обработки данных измерений, выполненных зонд-батометром, на ЭВМ, в частности, для вычисления солености морской воды и других стандартных характеристик.

После ввода перфоленты в ЭВМ программой предусматривается распаковка данных измерений по четырем массивам в десятичной форме: массив EE, TT, PP и NN. Далее идет вычисление истинных

значений температуры, давления и электропроводности с учетом тарировочных коэффициентов по следующим формулам:

$T = \text{ТТ} \cdot K_1 - K_2$, где K_1, K_2 — тарировочные коэффициенты датчика температуры, ТТ — значение температуры, регистрируемой зондом, T — истинная температура.

$$\varkappa_{Stp} = \frac{1}{K_3 \cdot \text{ЕЕ} + K_4} \cdot 10^{-3} \text{ 1/Ом} \cdot \text{см},$$

где $\varkappa_{Stp}$ — удельная электропроводность при солености S, температуре t и давлении p; ЕЕ — значение удельного сопротивления морской воды, регистрируемого зондом; K_3, K_4 — тарировочные коэффициенты.

$P = \text{РР} + K_5$, где РР — значение давления, измеренного зондом, K_5 — тарировочный коэффициент датчика давления.

Следующий блок в программе — это вычисление солености по полученным данным. Оно осуществляется согласно указаниям, изложенным в п. 12.6.

22.6. Термогалинозонд «Исток»

Термогалинозонд «Исток» предназначен для измерения с борта судна или платформы удельной электропроводности, температуры и гидростатического давления от поверхности до глубины 2000 м путем непрерывного зондирования или выдержки на отдельных горизонтах. Результаты измерений регистрируются на борту судна в форме, удобной для оперативного наблюдения и последующей обработки на ЭЦВМ.

Основные технические характеристики

Диапазон измерения температуры, °С	от —2 до +35
Основная статическая инструментальная погрешность, °С	± (0,03+0,005t) (t — температура воды)
Дополнительная погрешность от изменения температуры окружающей среды на каждые 10°С, °С	±0,01
Чувствительность канала температуры, °С	0,01
Показатель тепловой инерции датчика, с	не более 1
Диапазон измерения электропроводности, мСм/см	13—68
Основная инструментальная погрешность измерения электропроводности, мСм/см	не более ± (0,03±0,01$\varkappa$ ($\varkappa$ — электропроводность)
Дополнительная погрешность от изменения температуры окружающей среды на каждые 10°С, мСм/см	0,015
Чувствительность канала электропроводности, мСм/см	0,01
Диапазон измерения давления, кг/см²	0—200
Основная инструментальная погрешность, %	0,5
Чувствительность канала давления, кг/см²	0,1
Дополнительная погрешность при изменении температуры окружающей среды на каждые 10°С, %	±0,1

Примечание. Основные погрешности всех измерителей указаны с доверительной вероятностью 0,95.

Время измерения, с:	
одного параметра	≤0,4
всех параметров	≤1,6

Габаритные размеры погружаемого устройства, мм:	
высота	850
диаметр без ограждения	285
диаметр ограждения	590
Масса погружаемого устройства, кг	65
Габаритные размеры бортового устройства, мм:	
высота	580
ширина	470
глубина	450
Масса бортового устройства, кг	40
Питание от судовой сети:	
напряжение, В	220±10%
рабочая частота, Гц	50±3
Потребляемая мощность, Вт:	
без регистрирующей аппаратуры	90
с регистрирующей аппаратурой (КСП-4, ПДС-021, ПЛУ-1)	380

Термогалинозонд «Исток-3» обеспечивает одновременную регистрацию измеряемых параметров в аналоговой форме с помощью самопишущих потенциометров типа КСП-4 и ПДС-021. При регистрации аналогового сигнала на самописцах предусмотрена «растяжка» любой $^1/_4$ или $^1/_{16}$ части диапазона на всю шкалу регистрирующих приборов.

В дискретной форме (двоичный код) информация выводится на ленточный перфоратор типа ПЛУ-1 в коде ЭЦВМ «Минск-22».

Один из параметров (по выбору оператора) может выводится на табло двоичной световой индикации.

В качестве силовой и информационной линии связи погружаемого устройства с бортовым может использоваться кабель-трос типа КОБД-4 или КОБД-2.

Устройство и принцип работы. Термогалинозонд «Исток-3» относится к многоканальным цифровым измерительным приборам и состоит из погружаемого и бортового устройств.

В погружаемом устройстве (рис. 22.6) непрерывные (аналоговые) величины (удельная электропроводность, температура и давление) измеряются и преобразуются в цифровую форму в виде последовательного 12-разрядного двоичного кода, передаваемого в бортовое устройство. Бортовое устройство рис. 22.6 осуществляет прием и преобразование поступающей информации к виду, удобному для визуального наблюдения, графической и цифровой регистрации. С помощью бортового устройства также производится управление работой зонда и регистрирующей аппаратуры.

Поскольку подробное описание термогалинозонда «Исток-3» приводится в эксплуатационной документации, ограничимся рассмотрением структурных схем погружаемого и бортового устройств, приведенных на рис. 22.7 и 22.8. Температура t и электропроводность $\varkappa$ с помощью датчиков *1* и *6* преобразуется в промежуточное значение сопротивления R_t и проводимости G_b. В качестве датчиков используются медный термометр сопротивления и индуктивный датчик электропроводности. Для измерения этих параметров используются мостовые схемы *2* и *6*. В качестве органа уравновешивания

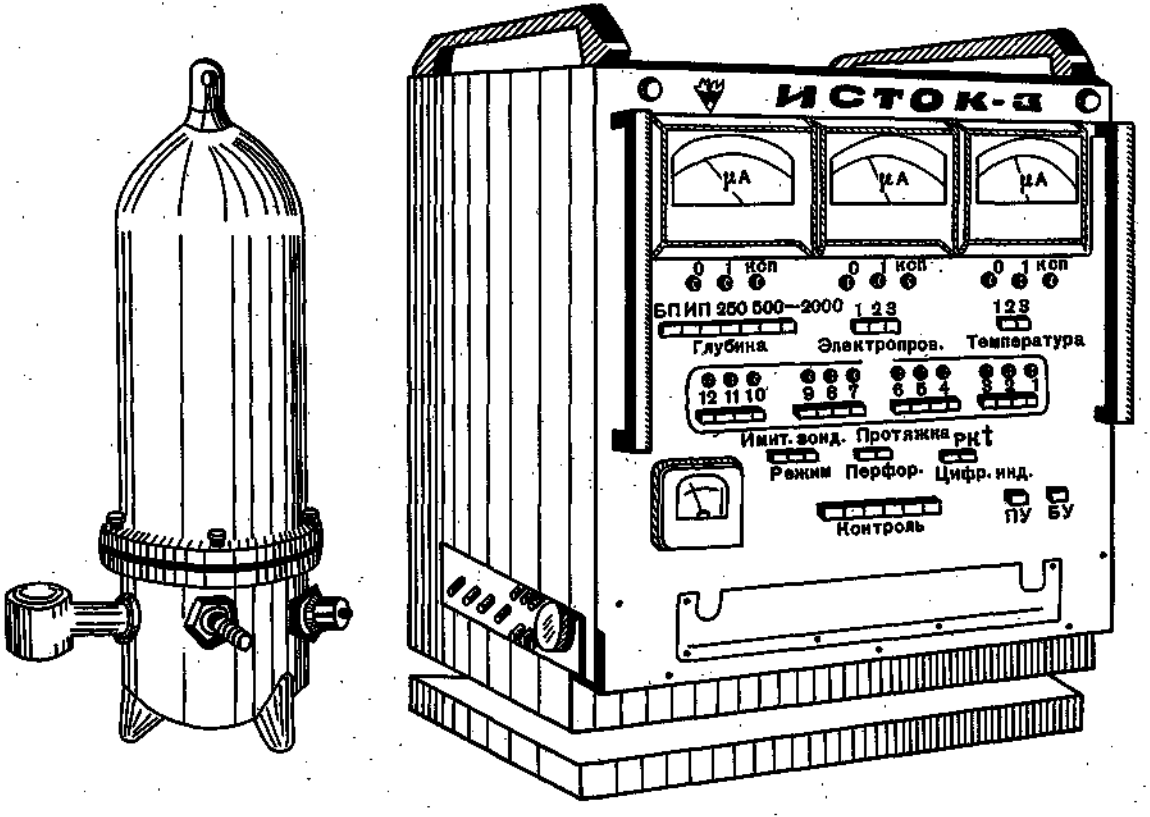


Рис. 22.6. Термогалинозонд «Исток-3».

остов используется преобразователь код—напряжение *4* оразрядного взвешивания, который коммутатором каналов *3* подключается поочередно к мостам *2* и *6*. Для управления процессом равновешивания мостов используется нуль-орган *5*, определяющий знак и величину разбаланса мостов и схема управления и синронизации *7*. Схема *7* формирует синхрочастоту f_c=40 Гц, сдвинутые друг относительно друга *16* разрядных потенциалов, управляющие работой преобразователя код—напряжение, и *4* сдвинутых руг относительно друга канальных потенциала, управляющие работой коммутатора каналов *3* и формирующие синхронизирующие

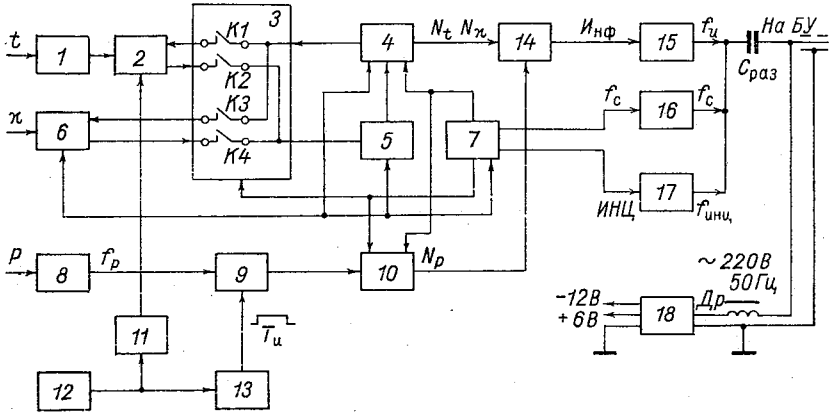


Рис. 22.7. Структурная схема погружаемого устройства термогалинозонда «Исток-3».

1 — датчик температуры, *2* — мост температуры, *3* — коммутатор каналов, *4* — преобразователь код — напряжение, *5* — нуль-орган, *6* — датчик электропроводности, *7* — схема управления и синхронизации, *8* — датчик давления, *9* — схема совпадения, *10* — счетчик, *11* — формирователь-усилитель мощности, *12* — задающий генератор, *13* — формирователь интервала измерения, *14* — схема «ИЛИ», *15* — модулятор кода информации, *16* — модулятор синхрочастоты, *17* — модулятор импульса начала циклов, *18* — блок питания.

мпульсы начала цикла (ИНЦ). Модуляторы *15*, *16* и *17* используются для модуляции несущих частот сигналами информации f_c ИНЦ. После модуляции сигналы объединяются на общую шину через разделительную емкость $C_{раз}$ подаются на центральную шину кабель-троса.

Для измерения давления используется отдельная измерительная схема, состоящая из датчика давления *8* с частотным выходом, схемы совпадения *9*, счетчика *10*, задающего генератора *12* и формирователя интервала измерения *13*.

Рассмотрим работу измерителей в динамике. По команде, поступающей с устройства управления *7*, замыкаются контакты *K3* *K4*, преобразователь код—напряжение устанавливается в исходное положение, подключается к мосту *6* и по мере поступления разрядных потенциалов производится ступенчатая компенсация разбаланса моста. С приходом последнего, двенадцатого, разрядного потенциала на выходе нуль-органа *5* устанавливается напряжение,

соответствующее полному уравновешиванию моста удельной элек тропроводности. Последовательный двоичный код информации че рез схему «ИЛИ» *14* поступает на модулятор *15*.

После окончания измерения электропроводности по команд схемы управления *7* преобразователь код—напряжение возвраща ется в исходное положение, контакты *К3* и *К4* размыкаются, а *К* и *К2* замыкаются. С этого момента начинается измерение темпе ратуры, аналогичное измерению электропроводности. После окон чания измерения температуры контакты *К1* и *К2* размыкаются

Давление преобразуется датчиком вибрационно-частотного тип ДДВ-200А в частоту колебаний f_p. Во время действия временног интервала $T_и$ сигналы f_p датчика давления через схему совпаде ния *9* поступают на счетчик *10*. Интервал времени $T_и$ равен сум марному времени измерения температуры и электропроводности После окончания времени счета, двоичный код давления N_p со счет чика *10* через схему «ИЛИ» *14* передается во время третьего такт в линию связи. После передачи кода N_p перед началом следующег цикла измерения счетчик *10* устанавливается в исходное положени сигналами со схемы управления *7*.

Для обеспечения синхронной работы погружаемого и бортовог устройств в схеме управления и синхронизации *7* формируютс синхрочастота f_c и импульс начала цикла, которые передаютс в бортовое устройство одновременно с информацией. Для передач этих сигналов по одножильному кабель-тросу используется кодово импульсная модуляция с отдельными несущими частотами $f_и$, f и $f_{инц}$.

Напряжение питания 220 В, 50 Гц передается по тому же ка бель-тросу. Для защиты выходных цепей модуляторов *15*, *16*, *1* от высокого напряжения и уменьшения шунтирующего влияни блока питания поставлены разделительный конденсатор $C_{ра}$ и дроссель Др.

Упрощенная схема бортового устройства показана на рис. 22.8 Информация и синхросигналы через токосъемное устройство *1* по ступают одновременно на входы демодуляторов *2*, *6* и *11*, настро енных на несущие частоты $f_и$, f_c и $f_{инц}$ и выделяющих видеосигнал кодов информации $N_к$, N_t и N_p, синхросигналы, импульс переклю чения каналов ИПК и импульс начала цикла. Разрядный распре делитель *7* формирует 16 последовательно сдвинутых во времен разрядных потенциалов, используемых для приема кода информа ции в приемный регистр *3*. Перед каждым тактом разрядный рас пределитель *7* устанавливается в исходное состояние сигналоі ИПК. Канальный распределитель *12* формирует четыре сдвинуты во времени канальных потенциала. Для обеспечения синхронно работы канального и разрядного распределителей бортового и по гружаемого устройства ИНЦ устанавливает их в исходное состоя ние в начале каждого цикла измерения.

Принятая входным регистром *3* информация поступает зате на регистр двоичной индикации *4*, на устройство связи с перфора тором *5* и на преобразователи код—напряжение *8*, *9*, *13*. На регист

индикации может подаваться любой из выбранных оператором кодов $N_к$, N_t или N_p. Выходные аналоговые сигналы электропроводности $U_к$, температуры U_t и давления U_p подаются для регистрации на самопишущие потенциометры.

Для проверки работоспособности бортового устройства и калибровки аналоговых регистраторов предусмотрен имитатор входной информации *14*. Переключение бортового устройства на прием информации с погружаемого устройства или с имитатора осуществляется переключателем «Зонд-имитатор».

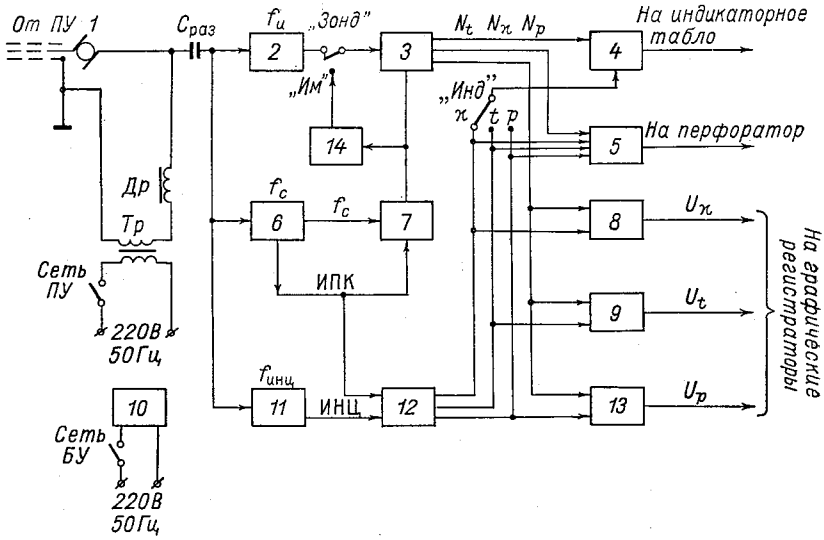


Рис. 22.8. Упрощенная блок-схема бортового устройства термогалинозонда «Исток-3».

1 — токосъемник лебедки, *2* — демодулятор информации, *3* — входной регистр, *4* — регистр индикации, *5* — устройство связи с перфоратором, *6* — демодулятор синхрочастоты, *7* — разрядный распределитель; *8, 9, 13* — преобразователи код — напряжение, *10* — блок питания, *11* — демодулятор импульса начала циклов, *12* — канальный распределитель, *14* — имитатор входной информации.

Для защиты входных цепей демодуляторов *2*, *6*, *11* от высокого напряжения и уменьшения шунтирующего влияния трансформатора *Тр* питания погружаемого устройства поставлены разделительный конденсатор $C_{раз}$ и дроссель *Др*.

Принцип действия измерителя температуры и основное уравнение измерения. Упрощенная схема измерителя температуры термогалинозонда «Исток-3» представлена на рис. 22.9. Для измерения температуры используются следующие функциональные устройства погружаемого устройства: *1* — медный термометр сопротивления R_t (датчик температуры с трехпроводной линией связи для компенсации сопротивления подводящих концов); *2* — мостовая схема, предложенная В. В. Реутовым [153] для цифрового омметра; *3* — генератор питающего переменного напряжения $U_{пит}$ частотой $f_г$, равной от 5 до 10 кГц; *4* — преобразователь код—

напряжение — для измерения и одновременного преобразовани в цифровую форму (двоичный код N_t) сопротивления медного тер мометра; 5 — нуль-орган для усиления сигнала рассогласовани $U_{рас}$ и управления работой преобразователя код—напряжение.

Работа схемы измерения температуры заключается в том, чтоб уравновесить мост и свести сигнал рассогласования $U_{рас}$ к нулю При изменении температуры воды сопротивление датчика такж изменяется, мост становится неуравновешенным, и на выход трансформатора *Тр1* наблюдается сигнал рассогласования $U_{рас}$ Нуль-орган усиливает этот сигнал и в результате сравнения фаз

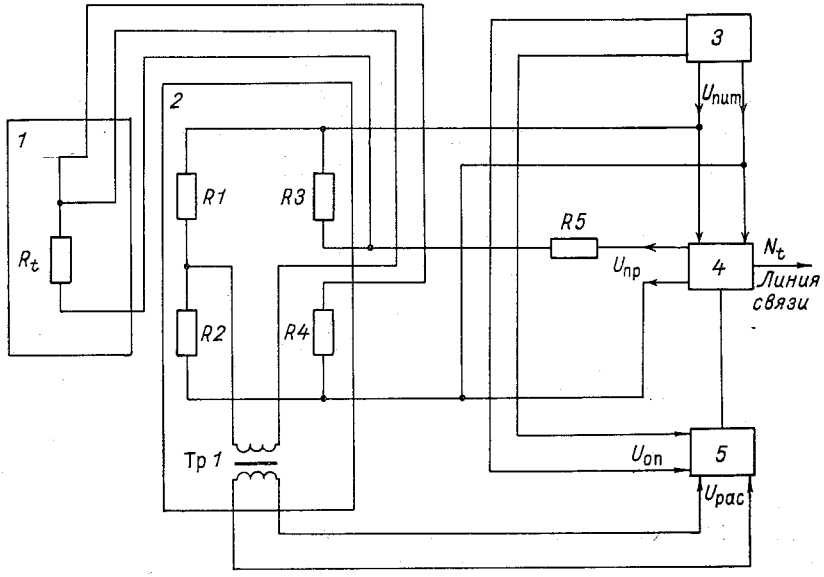


Рис. 22.9. Упрощенная схема измерителя температуры зонда «Исток-3».

1 — датчик температуры, *2* — мост температуры, *3* — генератор питающего напряжения, *4* — преобразователь код—напряжение, *5* — нуль-орган.

$U_{рас}$ с фазой опорного напряжения $U_{оп}$ определяется знак разба ланса моста (приращения температуры), который управляет рабо той преобразователя код—напряжение таким образом, чтобы изме нением напряжения $U_{пр}$ скомпенсировать разбаланс моста. В конц цикла работы преобразователя напряжение рассогласования стано вится равным нулю и мост уравновешивается.

В этот момент наблюдается следующая цепочка равенств:

$$\frac{U_{пит}}{R_1+R_2}R_2=I_4R_4 \text{ — условие баланса моста,}$$

$$I_4\Delta R_t=-\Delta I_3R_3. \qquad (22.1$$

Так как

$$\Delta I_3=(U_{пит}-\Delta U_{пр})/(R_3+R_4), \qquad (22.2$$

$$\Delta U_{\text{пр}} = U_{\text{пит}} \frac{N_t^{(10)}}{N_{t\,\text{макс}}^{(10)}} = U_{\text{пит}} K N_t^{(10)}, \qquad (22.3)$$

де $N_t^{(10)}$ и $N_{t\,\text{макс}}^{(10)}$ — текущее и максимальное кодовые значения температуры, выраженные в десятичной системе счисления, можно записать:

$$\frac{U_{\text{пит}}}{R_1 + R_2} \frac{R_2}{R_4} \cdot \Delta R_t = U_{\text{пит}} \left(K N_t^{(10)} - 1\right) \frac{R_3}{R_3 + R_5}; \qquad (22.4)$$

$$\Delta R_t = \left(K N_t^{(10)} - 1\right) \frac{R_1 + R_2}{R_3 + R_5} \frac{R_4}{R_2} R_3. \qquad (22.5)$$

Поскольку для медного термометра сопротивления в рабочем диапазоне температуры от —2 до +35°С наблюдается линейная зависимость сопротивления от температуры датчика $t_{\text{д}}$, будем иметь

$$\Delta R_t = R_{t\,\text{мин}} \alpha \left(t_{\text{д}} - t_{\text{д мин}}\right), \qquad (22.6)$$

де $R_{t\,\text{мин}}$ — минимальное сопротивление датчика температуры при $t = t_{\text{д мин}} = -2$°С; α — температурный коэффициент меди.

Подставляя значение ΔR_t в выражение (22.5), получаем

$$t_{\text{д}} = \left(K N_t^{(10)} - 1\right) \frac{R_1 + R_2}{R_3 + R_5} \frac{R_4}{R_2} \frac{R_3}{R_{t\,\text{мин}}} \frac{1}{\alpha} + t_{\text{д мин}}.$$

Обозначая

$$\frac{R_1 + R_2}{R_3 + R_5} \frac{R_4}{R_2} \frac{R_3}{R_{t\,\text{мин}}} \frac{1}{\alpha} = A; \quad KA = C_{1t}; \quad t_{\text{мин}} - A = t_0,$$

основное уравнение измерения температуры можно представить в следующем виде:

$$t_{\text{д}} = t_0 + C_{1t} N_t^{(10)}. \qquad (22.7)$$

В связи с тем, что в момент подпайки сопротивления плеч моста *R1*, *R2*, *R3*, *R4* изменяются, а величина $R_{t\,\text{мин}}$ от датчика к датчику также не остается постоянной, величины t_0 и C_{1t} основного уравнения измерения находятся путем индивидуальной градуировки зонда совместно с датчиками температуры и заносятся в паспорт прибора.

Принцип действия измерителя удельной электропроводности и основное уравнение измерения. На рис. 22.10 показана упрощенная схема канала измерения удельной электропроводности термогалинозонда «Исток-3». Для измерения удельной электропроводности в погружаемом устройстве используются четыре функциональных узла: *1* — индуктивный (бесконтактный) датчик; *2* — генератор питающего напряжения $U_{\text{д}}$ для питания датчика электропроводности переменным напряжением с частотой 5—10 кГц; *3* — преобразователь код—напряжение для измерения и одновременного преобразования в числовой эквивалент проводимости витка

воды; *4* — нуль-орган для усиления сигнала рассогласования $U_{рс}$ и управления работой преобразователя код—напряжение.

Датчик электропроводности состоит из двух тороидальны трансформаторов: *Тр1* (трансформатор напряжения) и *Тр2* (диф

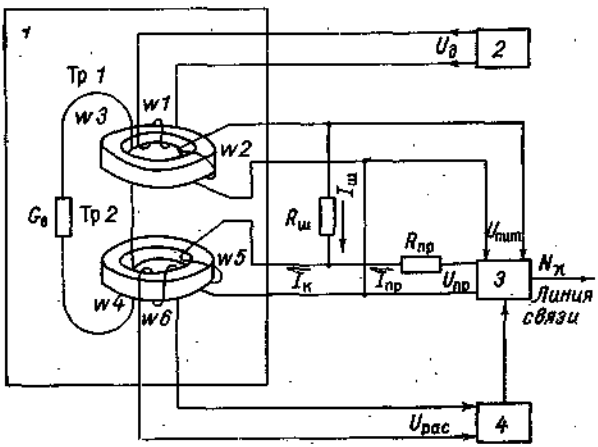


Рис. 22.10. Упрощенная схема измерителя удельной электропроводности зонда «Исток-3».

1 — датчик электропроводности, *2* — генератор питающего напряжения, *3* — преобразователь код—напряжение, *4* — нуль-орган.

ференциальный трансформатор тока). Его конструкция показан на рис. 22.11. Трансформаторы расположены соосно один над дру гим, заключены в прочный корпус, защищающий их от воздейст

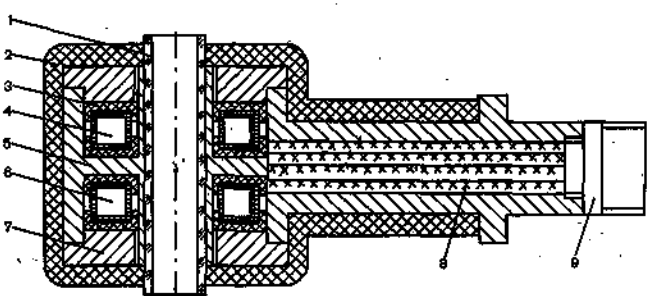


Рис. 22.11. Датчик электропроводности.

1 — трубка кварцевая, *2* — покрытие изолирующее, *3* — прокладка, *4* — трансформатор *Тр1*, *5* — прочный корпус, *6* — трансформатор *Тр2*, *7* — крышка прочного корпуса, *8* — выводы трансформаторов, *9* — разъем.

вия давления. В корпусе сделано осевое отверстие. При такой ко струкции датчика вода свободно омывает трансформаторы, обр зуя объемный виток связи между ними. Для обеспечения стабил ных характеристик во внутреннее отверстие датчика вставле кварцевая трубка. После подачи напряжения $U_д$ на обмотку т

рис. 22.10) в магнитопроводе трансформатора *Тр1* наводится магнитный поток Φ_1. Поскольку вода электропроводна, в объемном витке воды $G_в$, охватывающем датчик электропроводности, наводится электрический ток, который при условии $1/G_в \gg (\omega L_3 + \omega L_4)$ равен

$$I_в = \frac{U_д}{w_1} w_3 G_в = \frac{U_д}{w_1} w_3 C_д \varkappa, \qquad (22.8)$$

где $G_в = \varkappa C_д$ — проводимость витка воды; $\varkappa$ — удельная электропроводность морской воды; $C_д$ — геометрическая постоянная датчика; L_3, L_4 — индуктивность цепи, образованной витками воды $w_3 = w_4 = 1$; $\omega = 2\pi f_д$ — круговая частота генератора питающего напряжения.

Так как виток воды с током $I_в$ охватывает магнитопровод трансформатора *Тр2*, то в последнем наводится магнитный поток Φ_2 и на обмотке w_6, при условии $Z_{вх} \gg \omega L_6$, возникает напряжение $U_{рас}$, равное

$$U_{рас} = I_в j\omega L_4 \frac{w_6}{w_4} = U_д \frac{w_6}{w_1} = C_д j\omega L_4 \varkappa. \qquad (22.9)$$

Сигнал рассогласования $U_{рас}$ поступает на вход нуль-органа, где в результате сравнения с опорным напряжением $U_{оп}$ выделяется знак рассогласования и формируется команда на управление преобразователем код—напряжение таким образом, чтобы напряжение $U_{пр}$ компенсировало влияние рассогласования $U_{рас}$ до нуля.

Изменение напряжения на выходе преобразователя $U_{пр}$ происходит за счет изменения в регистре преобразователя кода электропроводности $N_\varkappa^{(10)}$, причем

$$U_{пр} = K_{пр} N_\varkappa^{(10)} U_{пит}, \qquad (22.10)$$

где

$$K_{пр} = \frac{1}{2^n - 1} = 2{,}442 \cdot 10^{-4};$$

$n = 12$ — число двоичных разрядов преобразователя; $N_\varkappa^{(10)}$ — текущее значение кода электропроводности, выраженное в десятичной системе счисления.

Ток компенсации $I_к$ в обмотке *w5* трансформатора *Тр2* при этом будет изменяться согласно выражению

$$I_к = I_ш + I_{пр} = U_д \frac{w_2}{w_1} \left(G_ш + G_{пр} N_\varkappa^{(10)}\right), \qquad (22.11)$$

где

$$G_ш = 1/R_ш, \quad G_{пр} = K_{пр}/R_{пр}.$$

В каждом цикле работы преобразователя происходит полная компенсация намагничивающей силы $I_в w_4$, создаваемой витком

воды, намагничивающей силой тока компенсации $I_к$ и, следов тельно, в конце цикла выполняются следующие равенства:

$$I_в w_4 = I_к w_5, \qquad (22.1$$

$$U_д \frac{w_3}{w_1} C_д \varkappa = U_д \frac{w_2}{w_1} (G_ш + G_{пр} N_\varkappa^{(10)}) w_5. \qquad (22.1$$

Откуда находим, что

$$\varkappa = w_2 w_5 \frac{1}{C_д} (G_ш + G_{пр} N_\varkappa^{(10)}). \qquad (22.1$$

Обозначив $w_2 w_5 \frac{G_ш}{C_д} = \varkappa_0$; $w_2 w_5 \frac{G_{пр}}{C_д} = C_{1\varkappa}$, получим основное уравн ние измерения удельной электропроводности в следующем вид

$$\varkappa = \varkappa_0 + C_{1\varkappa} N_\varkappa^{(10)}. \qquad (22.1$$

Величины $\varkappa_0$ и $C_{1\varkappa}$ определяются во время градуировки д каждого датчика и указываются в паспорте прибора.

Методика градуировки термогалинозонда. Градуировка измер телей термогалинозонда может проводиться как в лаборатори так и в морских условиях. Рассмотрим методику градуировки ка дого измерителя в лабораторных и морских условиях.

Градуировка измерителя удельной электропроводности. Учит вая тот факт, что соленость вычисляется по относительной электр проводности, а абсолютное значение измеренной in situ удельн электропроводности выступает в качестве промежуточного пар метра, в МГИ АН УССР В. И. Забурдаевым разработан спос градуировки измерителя удельной электропроводности с помощ солемера, используемого в качестве компаратора, и нормальн морской воды, используемой в качестве образцового (стандар ного) раствора с известным значением удельной электропроводн сти в рабочем диапазоне температур.

При этом в качестве рабочего раствора может использоват любой раствор, имеющий температурный коэффициент электр проводности, близкий к температурному коэффициенту нормальн воды. Такие растворы можно приготовить из натуральной или и кусственной морской воды или, в крайнем случае, из водных р творов хлористого натрия.

Градуировка измерителя электропроводности в лаборатор условиях. Общий вид и состав установки для градуировки измер теля удельной электропроводности показан на рис. 22.12.

Перед градуировкой необходимо собрать и загерметизирова погружаемое устройство. В градуировочный бак, изготовленн из диэлектрического материала (для зонда «Исток-3» разме бака должны быть 700×700×700 мм), наливается предваритель профильтрованная через шестислойный марлевый фильтр на ральная морская вода соленостью 41±1‰ или водный раств хлористого натрия с концентрацией 41±1 г/кг. В приготовленн

аствор в баке помещается погружаемое устройство. Включается прибор и на индикаторное табло выводятся показания электропроводности. Раствор в баке интенсивно перемешивается, при этом необходимо не допускать образования воздушных пузырьков на внутренней и внешней поверхностях датчика электропроводности. После того как температура в баке установится, т. е. код электропроводности изменится не более чем на ±2 единицы младшего разряда а 20 с, но не раньше, чем через 30 мин после включения погружаемого устройства, произвести 8—10 синхронных отсчетов кодов электропроводности $N_{\varkappa}^{(10)}$ и температуры раствора $t_{рр}$. Температуру

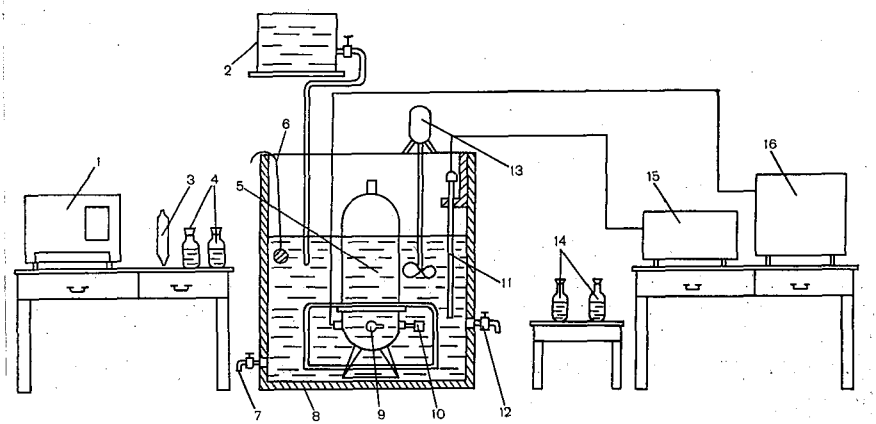


Рис. 22.12. Установка для градуировки измерителя электропроводности.

1 — солемер, *2* — емкость с пресной водой, *3* — ампулы нормальной воды, *4* — пробы рабочего раствора, *5* — погружаемое устройство зонда, *6* — тампон для снятия пузырьков с датчика электропроводности, *7* — сливной кран, *8* — градуировочный бак, *9* — датчик температуры зонда, *10* — датчик электропроводности, *11* — образцовый платиновый термометр, *12* — кран для отбора проб, *13* — мешалка, *14* — посуда для проб рабочего раствора, *15* — потенциометр Р-348, *16* — бортовое устройство зонда.

аствора в баке определять с помощью образцового платинового ермометра и потенциометра типа Р-348. В начале и в конце моента снятия синхронных отсчетов набирается раствор из бака два предварительно вымытых дистиллированной водой и трижды полоснутых исследуемым раствором стеклянных сосуда с притерыми пробками емкостью 500 мл. Затем с помощью сливного крана лить часть рабочего раствора и в бак добавить пресной воды до режнего уровня. Перемешивая раствор, добиться концентрации 5 г/кг. Затем после установления стабильной температуры снова ять 8—10 синхронных отсчетов кода электропроводности $N_{\varkappa}^{(10)}$ температуры рабочего раствора $t_{рр}$ и отобрать две пробы.

Уменьшая концентрацию рабочего раствора до 5 г/кг ступенато, приблизительно через 5 г/кг снимать отсчеты электропроодности и температуры и отбирать пробы раствора для каждой онцентрации. Результаты отсчетов занести в табл. 22.2.

Таблица 22.

№ п/п	№ пробы рабочего раствора	Показание потенциометра			Температура рабочего раствора t_{pp}°C	Показание измерителя электропроводности зонда		Среднее значение относительной электропроводности рабочего раствора		Удельная электропроводность рабочего раствора при t_{pp} $\varkappa_{t_{pp}}$
		U_1	U_2	$R_{t_{pp}}$		условные единицы $N^{(8)}_{\varkappa_{pp}}$	в десятичной системе счисления $N^{(10)}_{\varkappa_{pp}}$	при $t=15$°C R_{15}	при t_{pp} $R_{t_{pp}}$	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	1									
2										
3										
4										
5										

Когда все пробы отобраны, с помощью лабораторного солемер измерить их относительную электропроводность R_{pp15} при темпера туре +15°C. Пользуясь таблицей 1а «Международных океанологи ческих таблиц» [114], найти поправку Δt_{pp} и вычислить относитель ную электропроводность каждой пробы при температуре $t^{(i)}_{pp}$ п формуле

$$R^{(i)}_{t_{pp}} = R^{(i)}_{pp\,15} - \Delta t^{(i)}_{pp}.$$

Вычислить для каждой пробы рабочего раствора удельну электропроводность по формуле

$$\varkappa^{(i)}_{pp} = \varkappa_{35,\,t_{pp},\,0} R^{(i)}_{t_{pp}}, \qquad (22.1$$

где $\varkappa_{35,\,t_{pp},\,0}$ вычисляется по формуле

$$\varkappa_{35,\,t_{pp},\,0} = 42{,}896\,(0{,}676\,747 + 0{,}020\,056\,7 t_{pp} + 1{,}089\,557 \cdot 10^{-4} t^2_{pp} - 0{,}624\,942 t^3_{pp}).$$

Используя полученные значения $\varkappa^{(i)}_{pp} = f(N^{(i)}_{\varkappa_{pp}})$, по методу на меньших квадратов определить градуировочные коэффициенты и $C_{1\varkappa}$ основного уравнения (22.15) удельной электропроводност

Проверка градуировки измерителя электропроводности в мо ских условиях. В связи с некоторыми отличиями рабочего раствор при лабораторной градуировке от естественных условий в океа (ограниченный объем бака, узкий диапазон температур рабоче раствора, отсутствие воздействия гидростатического давления) п казания зонда в реальных морских условиях могут отличаться

ействительных значений на величину, превосходящую допустимую погрешность прибора. Поэтому в начале работы зонда в море, также после замены датчиков и ремонта узлов измерителя, которые влияют на градуировочные характеристики прибора, необходимо проводить проверку градуировки в морских условиях. Текущий контроль за точностными характеристиками зонда ведется течение всего рейса по результатам обработки отдельных проб.

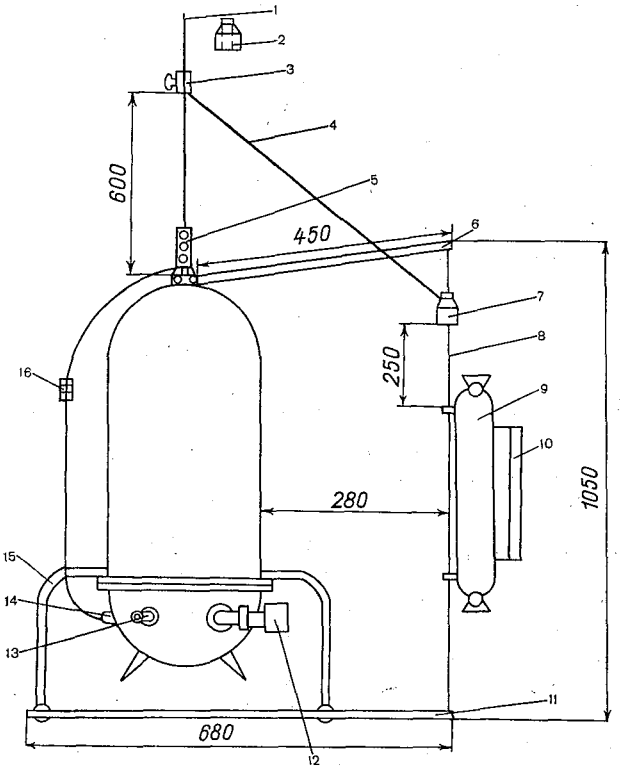


Рис. 22.13. Погружаемое устройство с батометром БМ-48.

1 — кабель-трос, *2*, *7* — грузики, *3* — спусковое устройство от батометра БМ-48, *4* — нить гидрологического грузика, *5* — кабель тросовый зажим, *6* — рычаг верхний, *8* — трос, *9* — батометр БМ-48, *10* — рама опрокидывающихся термометров, *11* — рычаг нижний, *12* — датчик электропроводности, *13* — датчик давления, *14* — герметичный разъем, *15* — ограждение зонда, *16* — заделка соединения кабель-троса с кабелем.

Методика проверки заключается в сравнении значений удельной электропроводности, измеренных зондом и полученных на лабораторном солемере для отобранных проб. Для отбора проб воды измерения температуры к погружаемому устройству крепятся батометр Нансена БМ-48 и опрокидывающиеся термометры, как показано на рис. 22.13. Для сравнительных измерений необходимо выбрать такие глубины, где градиент температуры не превышает 0,005°С · м$^{-1}$, а изменчивость удельной электропроводности во

времени не превышает 0,02 мСм/(см · мин). При этом при отборе проб воды необходимо делать синхронные отсчеты температуры с помощью опрокидывающихся термометров. Отбор проб необходимо производить с двух горизонтов, имеющих максимальную и минимальную электропроводность для данного разреза. Для повышения достоверности результатов градуировки на каждом горизонте необходимо отобрать по 5 проб.

Результаты синхронных измерений электропроводности зондом и лабораторным солемером обработать по методике, изложенной в разделе лабораторной градуировки, считая, что показания опрокидывающихся термометров соответствуют среднему значению температуры рабочего раствора.

Примечание. При определении электропроводности проб, взятых с глубин более 30 м, необходимо учитывать влияние давления на удельную электропроводность пробы на горизонте, для чего пересчитать удельную электропроводность проб для данной солености и температуры при нормальном давлении $\varkappa_{st0}$ в удельную электропроводность для той же солености и температуры при давлении на горизонте $\varkappa_{Stp}$ по уравнению

$$\varkappa_{Stp} = \frac{-A + \sqrt{A^2 + B}}{1108,8}, \qquad (22.17)$$

где $A = 49\,440 + 1570t + 21,3t^2 - 554,4\varkappa_{st0}$; $B = 2217,6\varkappa_{st0}\,(49\,440 + 1570t + 21,3t^2 + 9,8p)$; $\varkappa_{Stp}$ — удельная электропроводность пробы на горизонте, мСм/см; t — температура на горизонте, °С; $\varkappa_{st0}$ — удельная электропроводность пробы, определенная с помощью лабораторного солемера, мСм/см; p — гидростатическое давление на горизонте, кг/см².

Градуировка измерителя температуры. Для градуировки измерителя температуры в лабораторных условиях необходимо иметь пассивный термостат (сосуд Дюара) и образцовую установку для измерения температуры.

Термостат заполняется на $^4/_5$ объема льдом, приготовленным из дистиллированной воды, свободное пространство между льдинками заполняется дистиллированной водой, охлажденной до 0°С. Датчик температуры зонда снимается со своего штатного места и погружается в термостат со льдом, таким образом, чтобы верхняя часть датчика с проводниками не касалась льда и воды. Одновременно в термостат помещается образцовый платиновый термометр.

После включения и прогрева комплекса убедиться по индикаторным лампочкам зонда в установлении постоянного температурного режима в термостате (изменение кода не должно превышать ±2 единицы младшего разряда за 20 с). Произвести 8—10 синхронных отсчетов температуры по образцовому термометру и соответствующих ей кодов температуры по индикаторному табло зонда.

Затем освободить термостат от льда и залить его охлажденной до 0—2°С дистиллированной водой. Убедиться в установлении стабильной температуры внутри термостата по индикаторному табло зонда. Произвести 8—10 синхронных отсчетов температуры по образцовому термометру и индикаторному табло зонда.

Постепенно добавляя в термостат более теплую дистиллированную воду и добиваясь стабильного температурного режима, произвести по 8—10 синхронных отсчетов температуры при (+5, +10, +15, +20, +25, +30, +34) ±1°С.

Используя полученные экспериментальные значения зависимости показаний образцового термометра t и кода температуры $N_t^{(10)}$, рассчитать по методу наименьших квадратов значения градуировочных коэффициентов t_0 и C_{1t} основного уравнения измерения температуры (22.7).

Для градуировки канала температуры в морских условиях в качестве эталонного измерителя температуры необходимо использовать опрокидывающиеся термометры. Для градуировки измерителя температуры в море необходимо выбирать горизонты с малыми градиентами температуры в области высоких и низких температур на данном разрезе.

Градуировка канала гидростатического давления. Градуировка канала гидростатического давления в лабораторных условиях производится с помощью грузопоршневого манометра МП-600 (класса 0,05). Соединить переходником грузопоршневой манометр и датчик давления. Включить зонд и подготовить его к работе, выведя на индикаторное табло код давления. Устанавливая последовательно с помощью стандартных грузов избыточные давления 0, 10, 60, 110, 160, 200, 160, 110, 60, 10, 0 кгс/см², записать 8—10 отсчетов кода давления $N_p^{(10)}$ по сигнальным лампочкам индикаторного табло зонда для каждого из установленных давлений.

Используя полученные экспериментальные значения зависимости давления, создаваемого манометром, и кода давления, рассчитать методом наименьших квадратов градуировочные коэффициенты P_0, C_{1p}, C_{2p} основного уравнения измерения давления

$$p = p_0 + C_{1p}N_p + C_{2p}N_p^2. \qquad (22.18)$$

Градуировку измерителя гидростатического давления в морских условиях можно производить по длине вытравленного кабеля на глубинах до 500 м или по показаниям термоглубомера на глубинах выше 500 м.

Первичная обработка данных натурных измерений. В объем первичной обработки входит: контроль данных измерений, расчет измеряемых параметров (t, $\varkappa$, p), коррекция динамических ошибок инерционных звеньев аппаратуры и привязка данных к одному моменту времени, фильтрация случайных ошибок измерений, вычисление солености и других гидрологических параметров.

Контроль данных измерений. Термогалинозонд «Исток» как любая сложная телеметрическая система находится под воздействием помех различной природы. Если в какой-то момент времени их уровень становится высоким, возникает кратковременный сбой в работе аппаратуры, который приводит к искажению информации в записях данных на перфоленте и лентах самописцев.

С целью выявления и устранения грубых ошибок в измерени и расчетах осуществляется поэтапный контроль достоверности и формации. При начальной визуальной проверке перфоленты выя ляются кадры нестандартной длины. Они заклеиваются или выр заются. Далее выполняется машинный контроль исходной инфо мации.

Если данные одного цикла измерения зонда «Исток» не разм щаются в одном кадре (короткое машинное слово имеющей в распоряжении ЭЦВМ), а размещаются в двух, то в первом них в нерабочем разряде пробивается «1» — признак, отмечающ начало цикла измерения. В таких случаях первый этап провер рядов заключается в формировании четкой последовательнос кадров 1, 0, 1, 0, 1, 0... (с признаком и без него). Исправленн ряд получается из исходного ряда последовательным выбором него только рядом стоящих пар кадров типа 1,0.

Следующий этап контроля — проверка данных измеряемых п раметров по величине приращения. При этом определяется абс лютное значение разности двух соседних измерений y_i, y_{i+1}. Оно должно превышать заданной величины ε:

$$|y_{i+1}-y_i| \leqslant \varepsilon. \qquad (22.1$$

Допустимое значение ε устанавливается для каждого пар метра, исходя из физических соображений. Кадр, в котором од из чисел не выдержало испытаний, бракуется и в расчетах не уч ствует. В рядах, где информация одного цикла измерения разм щается в двух кадрах, бракуется пара кадров.

В заключение осуществляется визуальный смысловой контро всех вычисленных параметров, представленных в табличном и более наглядном графическом виде. Особое внимание обращает на участки с максимальными градиентами (выбросами). Сомн тельные данные бракуются.

Расчет измеряемых океанографических параметров. Перевод к довых значений $N_\varkappa$, N_t, N_p в абсолютные значения удельной эле тропроводности $\varkappa$, температуры t и гидростатического давления производится по соотношениям (22.7), (22.15) и (22.18).

Переход от гидростатического давления к глубине осуществл ется по формуле

$$h = 9{,}7275p - 2{,}04 \cdot 10^{-4}p^2, \qquad (22.2$$

где h определяется в метрах [175,48].

Коррекция динамических ошибок инерционных звеньев ап ратуры и привязка данных к одному моменту времени. В услови сложной структуры пространственного распределения гидрологич ских параметров, их флуктуаций, измерения на больших скорост относительного движения среда—прибор возникают динамическ ошибки в определении параметров, которые могут в несколько р превышать статические погрешности измерителей. Технически средствами, а также использованием специальной методики изм

ений не удается уменьшить динамические погрешности до требуе-
ого уровня. Эту задачу решают на этапе первичной обработки
анных измерений [48].

При расчетах учитывают длительность цикла измерения T_0, по-
тоянную времени датчика температуры τ, последовательность из-
ерительных каналов. В термогалинозонде «Исток» они расстав-
ены в следующем порядке: резервный канал, удельная электро-
роводность, температура, гидростатическое давление (глубина).

Текущее скорректированное значение температуры $t_{i,k}$ на i-м от-
езке времени T, равном трем циклам измерения, вычисляется по
рем последовательным измерениям температуры t_i, t_{i+1}, t_{i+2}:

$$t_{i,k}=A_it_i+A_{i+1}t_{i+1}+A_{i+2}t_{i+2}, \qquad (22.21)$$

де A_i, A_{i+1}, A_{i+2} — постоянные коэффициенты, определяемые соот-
ошениями:

$$A_i=\left(1-\frac{3\tau}{2T_0}+\frac{\tau T}{T_0^2}-\frac{3T}{2T_0}+\frac{T^2}{2T_0^2}\right);$$

$$A_{i+1}=\left(\frac{2\tau}{T_0}-\frac{2\tau T}{T_0^2}-\frac{2T}{T_0}-\frac{T^2}{T_0^2}\right);$$

$$A_{i+2}=\left(\frac{\tau T}{T_0^2}+\frac{T^2}{2T_0^2}-\frac{\tau}{2T_0}-\frac{2T}{2T_0}\right).$$

Все значения параметров на отрезке T относятся к $(i+1)$-му мо-
енту измерения удельной электропроводности. Так как i-й момент
змерения температуры отстоит от $(i+1)$-го момента измерения
дельной электропроводности на время $0{,}75T_0$, то окончательно те-
ущее скорректированное значение температуры для i-го участка
удет равно

$$t_{i,k}=\left(0{,}15625-0{,}75\frac{\tau}{T_0}\right)t_i+\left(0{,}9375+0{,}5\frac{\tau}{T_0}\right)t_{i+1}+$$
$$+\left(0{,}25\frac{\tau}{T_0}-0{,}09375\right)t_{i+2}. \qquad (22.22)$$

Следующее скорректированное значение температуры $t_{i+1,k}$
олучается скользящим сдвигом на один цикл измерения с исполь-
ованием показаний t_{i+1}, t_{i+2}, t_{i+3} датчика. Для $\tau=1$ с, $T_0=1{,}6$ с ко-
ффициенты A_i, A_{i+1}, A_{i+2} равны соответственно —0,3125; 1,25;
0625; их сумма всегда равна 1.

Показания давления, относящиеся к $(i+1)$-му моменту измере-
ия удельной электропроводности, находятся методом линейной ин-
ерполяции двух соседних измерений давления p_i и p_{i+1} по сле-
ующей формуле:

$$p_{i,k}=\frac{p_i+p_{i+1}}{2}. \qquad (22.23)$$

Таким образом, для $(i+1)$-го измерения удельной электро-
роводности $\varkappa_{i+1}$ получаем соответствующие скорректированные

значения температуры $t_{i,k}$ и давления $p_{i,k}$. Эта группа значени используется для вычисления солености и других параметров мор ской воды.

Если σ^2_t, σ^2_p — дисперсии погрешностей отдельных измерени температуры и давления, то средние квадратические погрешност скорректированных значений равны для температуры $\sigma_{t,k}=1{,}29\sigma$ для давления $\sigma_{p,k}=0{,}707\sigma_p$.

Фильтрация случайных погрешностей измерения. Измерени гидрологических параметров сопровождаются случайными погреш ностями, которые создают фон на профилях измеренных, скорре тированных параметров и вычисленных по ним характеристи Чтобы уменьшить этот фон, вычисленные значения температуры удельной электропроводности, глубины и солености подвергаютс низкочастотной фильтрации. Для этого выбирается фильтр скол зящего среднего, который позволяет максимально уменьшить ди персию профильтрованного значения при небольших интервала сглаживания ($l=3$).

Алгоритм фильтра записывается в виде скользящей линейно комбинации:

$$B_{i,f}=\frac{1}{l}\sum_{q=0}^{l} B_{i+q}, \qquad (22.2$$

где $B_{i,f}$ — текущее профильтрованное значение параметра; B_{i+q} - текущее значение параметра; l — интервал сглаживания.

Если случайные погрешности некоррелированы между собо и их дисперсия σ^2_B, то дисперсия погрешности профильтрованно величины $\sigma^2_{B,f}$ будет равна

$$\sigma^2_{B,f}=\frac{\sigma^2_B}{l}. \qquad (22.2$$

Эффективность коррекции и фильтрации проверяется по ра хождению TS-диаграмм, построенным по данным, полученным пр опускании и подъеме зонда через слой со значительными градие тами температуры. Ширина петли гистерезиса равна удвоенно суммарной ошибке по солености. С помощью рассмотренных мет дов удается свести суммарную погрешность измерения до уров статической погрешности.

Вычисления солености морской воды. Известно много работ, п священных вопросу расчета солености морской воды по измере ным данным удельной электропроводности, температуры и гидр статического давления.

В основе большинства из них лежит метод расчета солености по относительной электропроводности $R_{S,15,0}$. Аналитическое выр жение $S=S(R_{S,15,0})$ приведено в «Международных океанологич ских таблицах» [114]. Есть несколько способов перехода от удел ной электропроводности in situ к солености, однако, общепринято метода еще не существует. Рассмотрим схему расчета соленост

разработанную в Морском гидрофизическом институте АН УССР и принятую в МГИ и в других организациях, эксплуатирующих термогалинозонд «Исток» [48]. Она включает в себя несколько этапов:

$$\varkappa_{Stp} \to R_{Stp} \to R_{S,\,t,\,0} \to R_{S,\,15,\,0} \to S. \qquad (22.26)$$

В начале производится вычисление относительной электропроводности R_{Stp} при давлении p:

$$R_{Stp} = \frac{\varkappa_{Stp}}{\varkappa_{35,\,t,\,p}}. \qquad (22.27)$$

Здесь $\varkappa_{Stp}$ — измеренная in situ удельная электропроводность воды с соленостью S при температуре t и давлении p; $\varkappa_{35,\,t,\,p}$ — удельная электропроводность нормальной воды с соленостью 35‰, приведенной к температуре t и давлению p.

Удельная электропроводность $\varkappa_{35,\,t,\,p}$ связана с удельной электропроводностью $\varkappa_{35,\,15,\,0}$ нормальной воды при температуре 15°С и атмосферном давлении следующим соотношением:

$$\varkappa_{35,\,t,\,p} = \varkappa_{35,\,15,\,0} f(t)\,\varphi(p), \qquad (22.28)$$

где $f(t) = \frac{\varkappa_{35,t,0}}{\varkappa_{35,\,15,0}}$ — температурная зависимость удельной электропроводности нормальной воды с соленостью 35‰; $\varphi(p) = \frac{\varkappa_{35,\,t,\,p}}{\varkappa_{35,\,t,\,0}}$ — зависимость удельной электропроводности нормальной воды соленостью 35‰ от давления. Удельная электропроводность нормальной воды при $t = 15$°С и $p = 0$ равна $\varkappa_{35,\,15,\,0} = 42{,}896$ мСм/см для МПТШ-48, $\varkappa_{35,\,15,\,0} = 42{,}902$ мСм/см для МПТШ-68.[1]

Температурная зависимость $f(t)$ удельной электропроводности нормальной воды определяется разными соотношениями для температурных шкал 1948 г. t_{48} и 1968 г. t_{68}:

$$f(t) = 0{,}676747 + 0{,}020\,0567 t_{48} + 1{,}089\,557 \cdot 10^{-4} t_{48}^2 - 0{,}624\,942 \cdot 10^{-6} t_{48}^3, \qquad (22.29)$$

$$f(t) = 0{,}67666 + 0{,}020061\,7 t_{68} + 1{,}090\,35 \cdot 10^{-4} t_{68}^2 - 0{,}628232 \cdot 10^{-6} t_{68}^3. \qquad (22.30)$$

Значение функции $\varphi(p)$, учитывающей влияние гидростатического давления на удельную электропроводность нормальной воды, определяется выражением

$$\varphi(p) = 1{,}0 + (0{,}157\,131 \cdot 10^{-3} p - 0{,}481\,261 \cdot 10^{-7} p^2) \times (1{,}0 - 0{,}31813 \cdot 10^{-1} t + 0{,}694 \cdot 10^{-3} t^2 - 0{,}87 \cdot 10^{-5} t^3), \qquad (22.31)$$

где p — гидростатическое давление, кг/см²; t — температура, °С.

[1] МПТШ-48 — Международная практическая температурная шкала 1948 г.; МПТШ-68 — то же, 1968 г. [11].

Следующим этапом является приведение величины R_{Stp} к относительной электропроводности $R_{S,t,0}$ при атмосферном давлении с помощью соотношения

$$R_{S,t,0}=R_{Stp}+\Delta p, \qquad (22.32)$$

где

$$\Delta p=-10^4(1-R_{Stp})\,0{,}404\,04p\,(1-0{,}03876t+0{,}6122\cdot 10^{-3}t^2).$$

Далее величина $R_{S,t,0}$ приводится к относительной электропроводности $R_{S,15,0}$ при температуре +15°С и атмосферном давлении по следующему соотношению:

$$R_{S,15,0}=R_{S,t,0}+\Delta_{15}(t), \qquad (22.33)$$

где

$$\Delta_{15}(t)=(R_{S,t,0}-1)\,(0{,}0175R_{S,t,0}-0{,}0045R^2_{S,t,0})\times$$
$$\times(-1+0{,}08t-8{,}9\cdot 10^{-4}t^2).$$

Заключительным этапом является вычисление солености по относительной электропроводности $R_{S,15,0}$:

$$S=-0{,}08996+28{,}2972R_{S,15,0}+12{,}80832R^2_{S,15,0}-$$
$$-10{,}67869R^3_{S,15,0}+5{,}986\,24R^4_{S,15,0}-1{,}323\,11R^5_{S,15,0}. \qquad (22.34)$$

Предельная погрешность вычисления солености по соотношениям (22.27)—(22.34) (погрешность метода) не превышает 0,014‰ для вод океанического происхождения в диапазоне температур от —2 до +30°С, солености 4—42‰ и давлении до 200 кг/см².

Вычисление различных океанографических параметров. Условная плотность морской воды (σ_t или σ_{Stp}), скорость звука (C_{Stp}) определяются по известным соотношениям, используемым при обработке батометрических данных [121]. Средние квадратические ошибки в определении σ_{Stp} и C_{Stp} равны 0,017 усл. ед., 0,07 м/с соответственно.

С особым вниманием необходимо подойти к вычислению таких океанографических характеристик как градиенты параметров различного вида, устойчивость и частота Брента—Вяйсяля, в основе которых лежит численное дифференцирование данных.

Так например, предельная относительная погрешность в определении градиента определяется соотношением

$$\delta_{\frac{\Delta Y_i}{\Delta X_i}}\leqslant\left|\frac{\varepsilon_{Y,\,i+q}+\varepsilon_{Y,\,i}}{\Delta Y_i}\right|+\left|\frac{\varepsilon_{X,\,i+q}+\varepsilon_{X,\,i}}{\Delta X_i}\right|.$$

Здесь ΔY_i, ΔX_i — точные абсолютные значения разности чисел Y_{i+q} и Y_i, X_{i+q} и X_i; $\varepsilon_{Y,\,i+q}$, $\varepsilon_{Y,\,i}$, $\varepsilon_{X,\,i+q}$, $\varepsilon_{X,\,i}$ — предельные абсолютные погрешности измерения параметров Y и X [34].

При использовании рядом стоящих измерений ($q=1$) абсолютное значение разности (ΔY и ΔX) становится сравнимым с ошиб

ками измерения, что приводит к большим ошибкам в определении градиента.

Таким образом, база (значение индекса q), на которой определяется градиент, тесно связана с абсолютными погрешностями измерения параметров Y и X, с градиентом в слое и точностью, с которой он должен быть вычислен.

Представление результатов первичной обработки. Результаты первичной обработки данных термогалинозонда «Исток» представляются в числовой и графической форме. Цифровые данные в виде истинных значений параметров выводятся на быструю печать (типа МП-16) или на алфавитно-цифровое печатающее устройство (типа АЦПУ128-2М/3М). Последний способ представления удобнее, так как позволяет печатать результаты в виде таблиц определенного формата, удобного для использования и брошюровки. В заглавии таких таблиц указывается название таблицы, номер рейса, судно, номер станции, дата выполнения работ, номер зондирования.

Результаты первичной обработки в виде двоичного кода выводятся на ленточный перфоратор типа ПЛ-80 и далее используются для вычисления различных океанографических характеристик.

Графики, дающие общее представление об изменении параметров, строятся с помощью АЦПУ. На печать выводится лишь часть информации: в верхних слоях до нижней границы главного термоклина через 5 м, далее через 10, 20 и 50 м. Построение координатных осей и их оцифровка производится автоматически.

Графики, на которых можно рассмотреть тонкую структуру измерительных и вычисленных параметров, строятся с помощью многоканального координатного графопостроителя ДГУ-2. При построении используется весь объем информации по выбранным параметрам. Все операции: построение графиков, нанесение координатной сетки, оцифровка осей, запись служебной информации, выбор диапазонов — заложены в программе построения графиков.

Материалы, передаваемые в архив. В архив (научные фонды) сдаются на хранение следующие материалы рейса:

а) данные измерений в виде перфоленты, диаграммных бумаг и лент, экспедиционного журнала, отчета начальника отряда о работе в рейсе;

б) данные первичной обработки в виде: перфолент, таблиц, графиков.

22.7. Методика измерений с помощью термогалинозонда «Исток»

Подготовка прибора к работе. Перед установкой термогалинозонда на борту судна или платформы необходимо изучить техническое описание и инструкцию по эксплуатации зонда. После ознакомления с технической документацией установить зонд и соединить его погружаемое и бортовое устройства, приборы цифровой и графической регистрации согласно указанной в инструкции по эксплуатации схеме соединения и заземлить все приборы. Перед началом работ на каждой станции необходимо осмотреть

погружаемое устройство, кабельную линию, токосъемное устройство лебедки, бортовое устройство и приборы регистрации и убедиться в нормальной затяжке герметизирующих болтов контейнера и накидных гаек датчиков, целостности датчиков, сохранности кабельной линии, исправности токосъемника и лебедки, отсутствии внешних повреждений бортового устройства и приборов регистрации.

Согласно инструкции по эксплуатации проверить работоспособность бортового и погружаемого устройств термогалинозонда а также приборов регистрации, откалибровать графические регистраторы по каналам удельной электропроводности, температуры и давления. Выключить бортовое и погружаемое устройства и с помощью лебедки, кабель-троса и кран-балки вывести погружаемое устройство зонда за борт и, оберегая прибор от ударов о борт судна или платформы, опустить его на глубину 1—1,5 м так, чтобы при наличии волнения датчики не выходили на поверхность, включить бортовое и погружаемое устройства.

Для работы с зондирующими приборами типа «Исток» необходимо иметь обслуживающий персонал в составе двух человек:

— оператора для управления работой лебедки;

— оператора для наблюдения за работой зонда и регистрирующей аппаратуры.

Заполнение экспедиционного журнала, маркировка носителей информации. Вся информация об измерениях с помощью зонда «Исток», регламентных и ремонтных работах с ним, тарировке его измерительных каналов, первичной обработке его данных вносится в экспедиционный журнал. Для каждого рода работ выделяется определенное место в журнале.

Для однотипных работ оформляется таблица, так как перечень сведений, который необходимо записать при их выполнении, всегда один и тот же. Так для записи информации о забортных работах необходимо предусмотреть следующие графы в таблице: номер станции; дата (число, месяц, год); порядковый номер записи; время (часы, минуты) и восьмиричные коды ($\varkappa$, t, p) в начале и конце измерения; отметки о работе регистраторов, истинная глубина погружения; местоположение судна (географическое или дальность и пеленг по отношению к бую); вид эксперимента и режим работы (зондирование вниз 0,5 м/с, горизонт, буксировка на 10 уз); технические, гидрометеорологические условия проведения эксперимента (наклон и длина вытравленного кабель-троса, волнение, осадки и др.); замечания по работе аппаратуры, палубного оборудования.

Ответственным моментом работы с зондом «Исток» является маркировка записей. Данные измерений зонда одновременно регистрируются несколькими устройствами. Чтобы в последующем не испытывать затруднений в анализе записей, необходимо написать или отпечатать наборными литерами на всех носителях: перфоленте, диаграммной ленте и бумаге, до начала эксперимента следующие основные служебные отметки: номер станции, дата, порядковый номер записи. Дополнительная информация, разъяс

няющая условия проведения определенного эксперимента, также пишется на носителях в процессе выполнения работы.

Работа с прибором в режиме одноразового зондирования. Перед началом зондирования необходимо промаркировать все носители информации. Установить стрелки блок-счетчика длины вытравленного кабеля на нулевую отметку. Подготовив к регистрации двухкоординатный самописец и перфоратор, начать погружение зонда со скоростью 0,5—1,0 м/с, постоянно следя за работой регистрирующей аппаратуры и профилем температуры или удельной электропроводности. Наблюдая за скоростью изменения температуры или удельной электропроводности, представленной графиком на диаграмме самописца, регулировать скорость погружения таким образом, чтобы на участках максимальных градиентов скорость погружения была минимальной, а на участках с минимальными градиентами — максимальной. При этом не допускать скорости погружения более 1 м/с, так как может произойти закалывание кабель-троса из-за превышения скорости вытравливания кабеля над скоростью свободного падения зонда.

Не доводя до дна 5—15 м или достигнув предельной или заданной для зонда глубины погружения, прекратить опускание зонда, выключить регистраторы, погружаемое и бортовое устройства. На ленте перфоратора написать номер записи и начать подъем зонда, постоянно наблюдая за показанием блок-счетчика. Скорость подъема зонда не должна превышать 2—2,5 м/с. После подъема зонда до глубины 100 м уменьшить скорость до 1—1,5 м/с, а после 10 м или сигнала наблюдающего оператора «Показался» уменьшить скорость подъема до минимума. С выходом зонда на поверхность оператор, стоящий у лебедки, постоянно должен держать ногу на педали тормоза и медленно (включая и выключая лебедку) поднимать зонд над откидным мостом или бортом судна. Наблюдающий оператор подтягивает зонд на палубу, и, командуя стоящему у лебедки оператору опускать зонд, устанавливает последний на палубу или штатное место.

После установки погружаемого устройства на штатное место, наблюдающий снимает диаграммную бумагу с графического регистратора, перфоленту с перфоратора и передает полученную информацию на дальнейшую обработку или архивное хранение, а оператор, управляющий лебедкой, промывает датчики пресной водой и устанавливает зонд в походное положение.

Работа с прибором в режиме многоразового зондирования. Для выяснения временнóй изменчивости профиля и построения среднего профиля температуры, удельной электропроводности или солености морской воды, изменчивости тонкой структуры профилей и регистрации внутренних волн производится серия зондирований через равные промежутки времени в течение заранее выбранного интервала наблюдения (например, в течение суток или более в зависимости от поставленных задач). Минимальный интервал между зондированиями определяется толщиной исследуемого слоя моря или океана и скоростью погружения—подъема зонда. При этом

необходимо для всех зондирований выбирать одинаковые скорости погружения $V_{погр}$ и подъема $V_{под}$, а рабочим ходом сделать только погружение, чтобы избежать возможной вариации динамической ошибки измерения удельной электропроводности или температуры из-за ошибки гистерезиса датчика давления.

При этом интервал времени между двумя зондированиями будет равен

$$T_{зонд} = \frac{L}{V_{погр} + V_{под}} + T_{подг},$$

где $T_{подг}$ — время подготовки регистраторов к новому зондированию; L — длина вытравленного троса.

Определив интервал между зондированиями, подготовить прибор к работе, вывести зонд за борт и погрузить на глубину 1—1,5 м. Промаркировать носители информации.

После этого начать погружение зонда и по достижении необходимой глубины прекратить его, выключить перфоратор, начать подъем зонда, поднять его до глубины 1—1,5 м, промаркировать ленту перфоратора. Для визуальной индикации изменчивости профилей во времени с помощью двухкоординатного самописца необходимо ручкой «смещение нуля», не изменяя масштаба записи, сместить перо по координате удельной электропроводности на величину от +0,5 до +2 мСм/см, или температуры от 0,5 до 2°С (в зависимости от изменчивости) относительно положения пера предыдущего зондирования и написать над профилем номер зондирования. С наступлением момента второго зондирования включить перфоратор и через 5—10 с начать погружение зонда и все остальные зондирования выполнять по изложенной в данном разделе методике.

Работа с прибором в режиме длительного измерения на одном горизонте. Для исследования изменчивости температуры, удельной электропроводности или солености на одной глубине в течение длительного времени необходимо подготовить зонд к работе согласно инструкции по эксплуатации, сделать одиночное зондирование и, по записанному с помощью двухкоординатного самописца профилю электропроводности или температуры, выбрать участки глубин для проведения исследования и установить зонд на одну из этих глубин.

Если наблюдается дрейф судна, погружаемое устройство после выхода на необходимую глубину начинает подниматься под воздействием дрейфующего судна или глубинных течений. Поэтому перед началом регистрации необходимо подождать установления динамического равновесия между дрейфом судна и глубиной погружения зонда. При этом, как правило, зонд смещается относительно ранее выбранной глубины, и поэтому необходимо вытравить кабель-трос на такую величину, чтобы зонд опустился и застабилизировался на необходимой глубине. Из-за изменчивости скорости и направления дрейфа судна зонд совершает «хождение» по глубине, поэтому необходимо следить за показаниями глубины

и с помощью лебедки поддерживать ее постоянной в пределах ± (1—2) м.

Подготовить к работе перфоратор и самопишущий потенциометр (запись в функции времени), вывести на самописец данные температуры или удельной электропроводности, промаркировать носители, на ленте самописца отметить время начала записи, заполнить журнал и включить регистраторы.

При изучении временнóй изменчивости гидрологических параметров по глубине необходимо правильно выбирать интервал наблюдения, помня о том, что высокочастотная часть спектра искажается собственными шумами измерителя и хождением зонда по глубине из-за качки судна, а низкочастотная часть искажается ограниченным временем наблюдения. Поэтому интервал наблюдения $T_{набл}$ в основном выбирается следующим образом:

$$T_{набл} \geqslant 10T_{макс},$$

где $T_{макс}$ — максимальный период изменения исследуемых явлений, который желательно выявить в записи.

В качестве минимального периода естественной изменчивости параметров на горизонте принимается период $T_{мин} \approx 10T_к$, где $T_к$ — период качки зонда или судна.

С окончанием наблюдения регистраторы выключаются, на ленте перфоратора проставляется номер записи, на ленте графического самописца время конца измерения, примерная амплитуда качки судна и угол наклона кабель-троса, а зонд переводят на другой участок глубин и повторяют измерения. Как только будут закончены работы на всех выбранных горизонтах, зонд и регистраторы выключаются, погружаемое устройство поднимается на палубу и устанавливается в походное положение.

Диаграммная лента вынимается из графического регистратора и используется для визуальной оценки изменчивости процессов на отдельных горизонтах, а перфолента передается для дальнейшей статистической обработки или архивного хранения.

Работа с прибором в режиме буксировки. При проведении океанографических полигонных съемок часто возникает вопрос оптимального выбора расстояния между станциями. Однако предварительной информации об изменчивости океанографических полей, как правило, оказывается недостаточно и возникает необходимость проведения «пробных» измерений океанографических параметров на какой-либо одной глубине вдоль части или всего периметра полигона.

Такая работа может быть выполнена с помощью зонда «Исток» в режиме буксировки. Для этой цели необходимо использовать кормовую лебедку и кран-балку или установить дополнительную систему блоков так, чтобы погружаемое устройство опускалось в воду за торцевыми габаритами винто-рулевого устройства судна. Подготовив к работе зонд, дать команду на ход судна. После начала движения судна осторожно опустить в воду погружаемое устройство за кормой судна, дать ему отойти от кормы на расстояние

5—10 м и начать вытравливать кабель-трос со скоростью 1—2 м/с, не допуская его провисания. После установления заранее оговоренной скорости движения судна (не более 10 уз) включить зонд и определить глубину его погружения. Изменяя длину вытравленного кабель-троса, добиться вывода зонда на необходимую глубину, подготовить регистраторы к работе, промаркировать носители, записать на ленте самописца время и координаты начала буксировки, глубину и скорость буксировки, включить регистраторы. Наблюдая за глубиной погружения зонда, поддерживать ее постоянной с погрешностью ±1—2 м, изменяя длину вытравленного троса, но не вытравливая более 2000 м. За время буксировки наблюдающий оператор делает пометки на диаграммной ленте об изменении курса судна. После прохождения заранее установленного расстояния, выключить зонд и регистраторы, написать на перфоленте номер записи, а на ленте графического регистратора — время и координаты конца буксировки, пройденное расстояние, дать команду на уменьшение скорости судна и начать подъем зонда со скоростью не более 1—2 м/с. При подъеме зонда внимательно следить за тем, чтобы кабель-трос и зонд не попадали в пределы габаритных размеров винто-рулевого устройства судна. Подняв зонд на палубу, установить его в походное положение или начать работу в режиме одноразового зондирования в зависимости от программы работ.

На основании визуального анализа записей на диаграммной ленте самописца или в результате статистической обработки записанной на перфоленте информации и определения радиусов корреляции выбираются расстояния между станциями полигона.

Для более правильной оценки пространственной изменчивости гидрологических параметров для буксировки необходимо выбирать глубины с относительно малыми градиентами (от поверхности до верхней границы термоклина или глубже нижней границы термоклина), чтобы избежать ошибок, связанных с паразитным хождением погружаемого устройства по глубине.

Уход за прибором. Термогалинозонды являются высокоточными приборами и в связи с этим требуют особых условий эксплуатации и ухода. В первую очередь это относится к датчикам температуры и удельной электропроводности. Попеременное нахождение погружаемого устройства в морской воде и воздухе приводит к образованию налета и загрязнению датчиков, что, как правило, сопровождается появлением коррозии на датчике температуры и изменением геометрической постоянной датчика электропроводности. Для уменьшения этих явлений после окончания забортных работ необходимо споласкивать датчики пресной водой. Перед началом работ внутреннее отверстие датчика электропроводности необходимо протереть смоченным спиртом ватным тампоном.

Для выяснения исправности датчика удельной электропроводности и всего измерительно-регистрирующего тракта необходимо периодически проверять канал электропроводности (не реже одного раза в день) при выполнении забортных работ с помощью мага

ина сопротивления, с классом точности не хуже 0,02%, используя последний для имитации проводимости витка воды. Сравнивая полученные значения кода электропроводности с записанными в паспорте на прибор, убедиться в исправности датчика и измерительно-регистрирующего тракта.

Правильность показания датчика температуры и исправность измерительного тракта проверяется по точке таяния льда или снега, приготовленного из дистиллированной воды согласно инструкции по эксплуатации зонда.

Исправность датчика давления и измерительного тракта проверяется по начальному коду давления в период нахождения зонда на палубе.

Прибор считается исправным, если расхождение полученных значений с указанными в паспорте не превышает допустимой ошибки измерения по каждому параметру.

Для уменьшения влияния вибраций на работоспособность зонда погружаемое устройство после забортных работ должно устанавливаться на амортизирующий коврик и закрепляться в походном положении.

В случае замены датчиков или реле коммутатора каналов, а также ремонта моста температуры проверять согласно инструкции по эксплуатации сохранность градуировки и производить новую градуировку тех каналов, в цепи которых произведена замена узлов. В случае профилактики или ремонта нуль-органа требуется поверка градуировки или новая градуировка каналов температуры и электропроводности одновременно.

Глава 23. АППАРАТУРА И МЕТОДИКА ИЗМЕРЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ МЕЛКОМАСШТАБНОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ АТМОСФЕРЫ И ОКЕАНА И СОСТАВЛЯЮЩИХ БАЛАНСА ЭНЕРГИИ ТУРБУЛЕНТНОСТИ ВБЛИЗИ ГРАНИЦЫ РАЗДЕЛА ВОЗДУХ—ВОДА

23.1. Основные задачи по изучению взаимодействия атмосферы и океана

Проблема исследования взаимодействия атмосферы и океана в широком диапазоне масштабов приобрела в последнее время важное значение. Это связано как с решением фундаментальных задач динамического и теплового взаимодействия пограничных слоев, так и с решением большого круга вопросов прикладного характера. Актуальность изучения взаимодействия возросла в связи с настоятельной необходимостью улучшения прогнозов погоды, обеспечения безопасности мореплавания, а также в связи с решением задач по предупреждению загрязнения океана.

В связи с тем, что задача изучения взаимодействия решается путем исследования физических процессов, происходящих

в пограничных слоях атмосферы и океана, практическая реализа ция экспериментального изучения взаимодействия атмосферы и оке ана заключается в регистрации основных гидрометеорологически характеристик пограничных слоев таких, как температура, скорост потока, влажность воздуха, атмосферное давление, поверхностно волнение и некоторых других. Прямые измерения основных гидро метеорологических величин позволяют получить значения их пуль саций и таким образом изучить статистические характеристик физических полей во взаимодействующих пограничных слоях Прямой метод позволяет также непосредственно измерить турбу лентные потоки количества движения, тепла и влаги в погранич ном слое атмосферы и характеристики турбулентного обмен в верхнем слое океана.

Массо- и энергообмен, осуществляемый на границе раздел вода—воздух, в значительной степени определяется турбулентны движением в пограничном слое атмосферы. В то же время созда ваемое турбулентным ветром поверхностное волнение оказывае существенное обратное влияние на структуру поля ветра и, следо вательно, на характер обмена массой и энергией в пограничны слоях. Поскольку в настоящее время еще не разработана закон ченная гидродинамическая теория, описывающая механизм взаи модействия пограничных слоев атмосферы и океана, основно значение в изучении турбулентной структуры взаимодействующи слоев атмосферы и океана приобретают экспериментальные иссле дования процессов, происходящих вблизи поверхности раздела Как правило, прямые измерения характеристик турбулентност в пограничных слоях ведутся в диапазоне масштабов поверхнос ных волн. Это диапазон мелкомасштабного взаимодействия атмо сферы и океана, основными задачами исследования этого диапа зона масштабов являются:

— установление закономерностей вертикального распределени характеристик турбулентности в пограничных слоях;

— выяснение связи характеристик турбулентности с внешним параметрами, в частности, выяснение связи характеристик погра ничных слоев с условиями на границе раздела и с процессам происходящими в пограничных слоях, на бо́льших масштабах, че поверхностные волны;

— измерение прямым методом массо- и энергообмена чере границу раздела вода—воздух.

Результатом исследований мелкомасштабного взаимодействи атмосферы и океана должна быть прежде всего параметризаци основных физических процессов, происходящих в пограничны слоях, совокупностью экспериментальных данных. Это позволи учесть особенности мелкомасштабного взаимодействия в гидрод намических моделях прогноза погоды и формирования верхне деятельного слоя океана.

Вследствие известных трудностей организации прямых измер ний флуктуации основных гидрометеорологических величин в о крытом море, в исследованиях мелкомасштабного взаимодействи

рименяется наряду со стандартной аппаратурой большое число никальных датчиков и измерительных комплексов. В ряде случаев атчики пульсаций гидрометеорологических величин разрабатываются специально для определенной задачи исследования и в дальейшем их использование может не представлять научного и практического интереса. Однако в большинстве своем специально разабатываемые измерители флуктуаций гидрометеорологических араметров могут быть использованы в качестве стандартных приоров для получения массового материала по мелкомасштабному заимодействию при различных гидрометеорологических условиях.

В предлагаемой главе Руководства основное внимание уделено естандартной аппаратуре и методике измерения средних значений пульсаций таких гидрометеорологических величин, как скорость етра, температура, влажность, давление ветра на воду, возвышеия поверхности волн. В связи с тем, что в настоящее время практически отсутствуют систематизированные сведения о приборах методах измерений флуктуаций гидрометеорологических параетров в пограничных слоях, эта глава носит обзорный характер. Методика измерений, рассматриваемая в главе, относится преимудественно только к условиям открытого моря. Это обусловлено тем, то наземные измерения в пограничном слое атмосферы, в том исле и с дрейфующих льдов, методически достаточно хорошо разаботаны в настоящее время.

Обзорный характер главы позволяет в ряде случаев сделать сылки на отдельные разработки иностранных авторов, что послужит расширению представления о состоянии и уровне разработок змерителей, используемых для исследования пограничных слоев. целях сокращения объема главы, в некоторых случаях не приодится подробное описание отдельных датчиков и измерительных омплексов, а делаются ссылки на литературу, содержащую подобное описание самих приборов или методики работы с ними.

23.2. Состав наблюдений и описание необходимых приборов

При исследовании мелкомасштабного взаимодействия атмоферы и океана ставится задача комплексного изучения основных дрофизических параметров, характеризующих структуру пограичных слоев. Используемая для этих целей аппаратура предназачена для синхронной регистрации средних и пульсационных начений скорости и температуры, возвышения поверхности волны, икропульсации нормального давления ветра на поверхность воды. последние годы делаются попытки добавить к этому комплексу змеряемых величин регистрацию пульсаций влажности.

Как правило, при исследовании взаимодействия атмосферы океана ограничиваются измерением средних и пульсационных начений скорости ветра и температуры воздуха и возвышения поерхности волны. Такой комплекс измеряемых величин позволяет ассчитать основные характеристики турбулентного обмена в пограичном слое атмосферы над морем.

Для измерения средней скорости ветра (градиентные измере ния) применяются стандартные, выпускаемые промышленностью анемометры, например, анемометры типа М-92. Температура воз духа и воды измеряется медными или платиновыми термометрам сопротивления, которые используются и для измерений пульсаци температуры [5, 53]. В качестве справочного пособия по термомет рам сопротивления можно рекомендовать книгу Качурина [69] каталог по термопарам и термометрам сопротивления. Пульсаци температуры воздуха и воды измеряется также полупроводнико выми термометрами сопротивления (термисторами). Об их приме нении для этих целей можно найти, например, в работах Конто бойцевой [83], Андреева и др. [67]. Следует также отметить, чт пульсация температуры в пограничных слоях атмосферы и океан регистрируется с помощью батарей термопар. Этот метод измере ния является одним из надежных и описан в работе Кречмера [85

Измерение температуры вблизи поверхности раздела вода— воздух осложняется рядом особенностей исследования. Во-первых это связано с тем, что температура воздуха и воды меняется в по граничных слоях по сравнительно сложным законам, что сущест венно усложняет учет инерции приборов. Во-вторых, при измере ниях температуры воздуха вблизи воды нередко имеет мест увлажнение и засолонение датчика за счет брызг, что также сказы вается на его чувствительности и инерционности. Эти трудно сти обходятся путем подбора датчиков для исследования строг определенного частотного диапазона флуктуаций температуры а также применением различных защит-экранов и гидрофобны покрытий.

Измерение турбулентных характеристик скорости ветра в по граничном слое атмосферы над морем проводится с помощью ап паратуры, разработанной ранее для исследований в приземно слое атмосферы [69]. Сюда прежде всего следует отнести широк используемый термоанемометрический способ регистрации компо нент скорости. Существует обширная литература по результата измерений пульсации скорости ветра, полученным с помощью тер моанемометров. Этот же метод используется и для изучения тур булентности в верхнем пограничном слое океана. Методическа разработка принципа термоанемометрического измерения подробн изложена в работе Кречмера [85]. Следует заметить, что исполь зование термоанемометров в исследованиях в открытом мор сопряжено с определенными трудностями методического характер связанными с большой чувствительностью приборов к механиче ским повреждениям. Поэтому в последние годы их применяют глав ным образом при измерениях на стационарных платформа в шельфовой зоне моря [108].

В последние годы интенсивно развиваются акустические метод измерения турбулентности в пограничных слоях атмосферы океана. Существенным преимуществом приборов, использующи акустический принцип измерения скорости, перед термоанемомет рами является строго линейная зависимость выходного напряж

ния прибора от измеряемой компоненты скорости ветра. Подробно принцип действия и конструкция акустического анемометра описаны в работах [4, 5]. В зарубежных работах конструкция акустического анемометра достаточно хорошо рассмотрена Мицута и др. [211].

Наряду с акустическим анемометром в практике исследования турбулентных процессов в пограничных слоях атмосферы и океана используется акустический термометр. Для исследования турбулентного потока количества движения и тепла акустический анемометр объединяют с акустическим термометром в один прибор — анемометр-термометр.

Наряду с перечисленными в исследованиях взаимодействия атмосферы и океана используются также приборы, измеряющие напряжение ветра. Это так называемые пружинные анемометры (Thrust-anemometer). Впервые они были разработаны в Бедфордском институте, где и применяются широко в исследованиях. С техническими данными и принципом действия прибора можно ознакомиться в работах Смита и Доу [205, 214].

Для расчета турбулентных потоков тепла и влаги, а также исследования плотностной стратификации в пограничном слое атмосферы необходимы данные о средних значениях и пульсации влажности. В последние годы предпринимаются интенсивные усилия по созданию надежного датчика влажности для работы в морских условиях. С обзором датчиков, применяющихся в измерениях влажности в газах, можно познакомиться в материалах международного симпозиума по влагометрии (147), а также в работах последних лет (см., например, [68, 86, 87, 88, 189]).

Наряду с существующими приборами, используемыми для исследования турбулентности в пограничных слоях атмосферы и океана, необходимы приборы для измерения таких величин, как возвышение поверхности волны, орбитальных скоростей движения частиц в волнах, микропульсаций давления ветра на поверхность волн и некоторые другие. Разработка такого комплекса датчиков была выполнена в МГИ АН УССР и описана в работах [42, 43, 44, 79]. Остановимся несколько подробнее на характеристике этих датчиков.

Волнограф с коаксиальным емкостным датчиком. Датчик волнографа представляет собой изолированный металлический стержень с гидрофобным покрытием. Стержень и вода являются обкладками конденсатора, емкость которого изменяется прямо пропорционально глубине погружения датчика в воду и мало зависит от солености и температуры воды. Емкость является управляющей для LC-генератора синусоидальных колебаний. Линейность прибора обеспечивается за счет малой девиации частоты LC-генератора. В этом случае частота генератора зависит почти линейно от изменения емкости датчика. Используемый в измерениях датчик имел генератор со средней частотой 4 кГц. Максимальная девиация частоты при измерении возвышения поверхности от 0 до 2 м составляет 100 Гц.

Конструкция датчика схематически показана на рис. 23.1. Основным достоинством емкостного датчика является стабильность его параметров и достаточно высокая механическая прочность, что позволяет использовать его для проведения долговременных измерений.

Реверсивный датчик скорости. Принципиальной особенностью прибора является использование простого способа преобразования скорости вращения чувствительного элемента (пропеллерной вертушки) в электрический сигнал. Преобразование осуществляется посредством миниатюрного тахогенератора. Отличительной особенностью его является линейная характеристика обратного преобразования и небольшая инерционность [44].

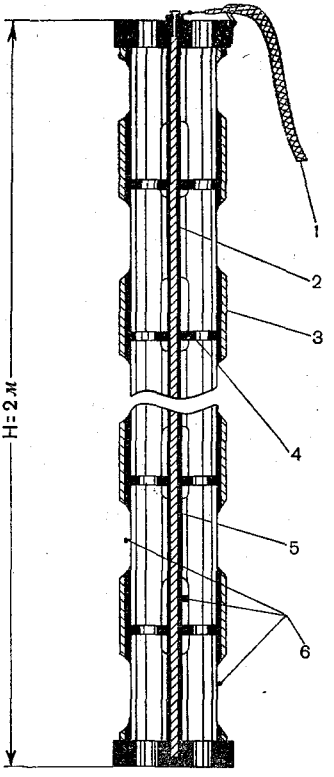


Рис. 23.1. Конструкция волнографа с емкостным датчиком.

1 — кабель, *2* — стержень, *3* — экран, *4* — центрирующая шайба, *5* — гидрофобный изолятор, *6* — щелевые прорези.

Было разработано два типа таких датчиков скорости. В первом из них вращение крыльчатки передается на вал тахогенератора при помощи магнитной муфты. Схематически этот датчик показан на рис. 23.2. Преобразователь датчика находится в герметически закрытом корпусе. При вращении крыльчатки с выхода преобразователя поступает электрический сигнал, пропорциональный скорости вращения. Полярность этого сигнала соответствует направлению потока.

Второй вариант датчика скорости отличается от первого тем, что магнитная муфта заменена обычным редуктором. Для защиты обмотки тахогенератора и коллектора токосъемника от морской воды применяется наполнитель, в качестве которого используется минеральное масло.

Порог чувствительности первого варианта датчика порядка 1 см/с, однако магнитная муфта дает паразитный сигнал на частоте около 4 Гц. Второй вариант датчика свободен от этого недостатка. Редукторное соединение второго варианта датчика несколько повысило его порог трогания (до 3—4 см/с). Однако это вдвое меньше, чем у пропеллерного датчика Шонтинга [215], что, по-видимому, связано с тем, что в датчике Шонтинга имеется дополнительный нагрузочный момент от 6 магнитов, укрепленных на лопастях крыльчатки (общий вес этих магнитов 30 г).

Для измерения компонент скорости в воздухе иногда используется датчик, аналогичный описанному выше. Чувствительным элементом такого датчика является пропеллерная крыльчатка из фольги. В соединении с тахогенератором, имеющим малый собственный момент инерции, такая система позволяет довести постоянную времени датчика до 0,07—0,09 с. Этого вполне достаточно, чтобы исследовать структуру турбулентности воздушного потока в полосе частот поверхностного волнения.

Датчик давления ветра. Общий вид датчика показан на рис. 23.3. По сравнению с более ранним вариантом [79] этот датчик

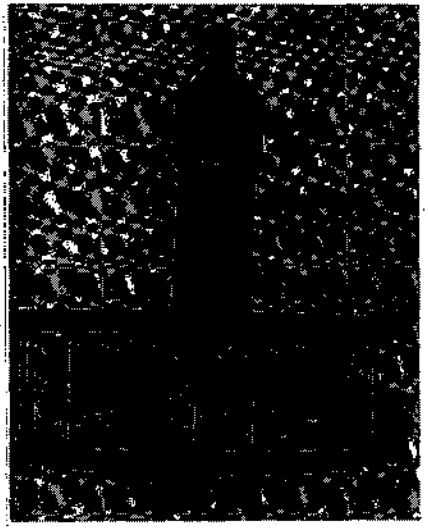


Рис. 23.2. Конструкция датчика скорости орбитального движения частиц воды в волне.

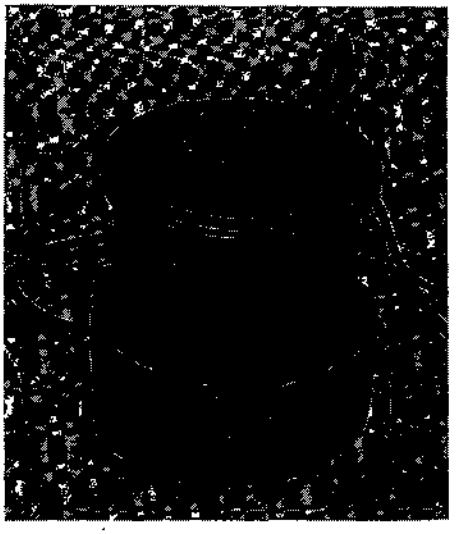


Рис. 23.3. Общий вид датчика микропульсации давления.

имеет существенно меньшую массу и меньшие габариты. Принципиально новой является электрическая схема прибора. От прежнего варианта прибора остался сам принцип измерения, а также система предотвращения попаданий воды в мембранную коробку.

Частотный диапазон измерений датчика составляет 0,03—10 Гц, ошибка измерения 0,05 мм вод. ст.

Как уже отмечалось, при исследовании мелкомасштабного взаимодействия синхронно измеряется большое число гидрофизических параметров на нескольких горизонтах в воде и воздухе. Так в разработанных в МГИ АН УССР для этой цели измерительных комплексах ПГС (притопленные градиентные станции) число одновременно регистрируемых параметров достигало 31. Остановимся на краткой характеристике комплекса ПГС.

К измерительному комплексу такого типа предъявляются следующие условия:

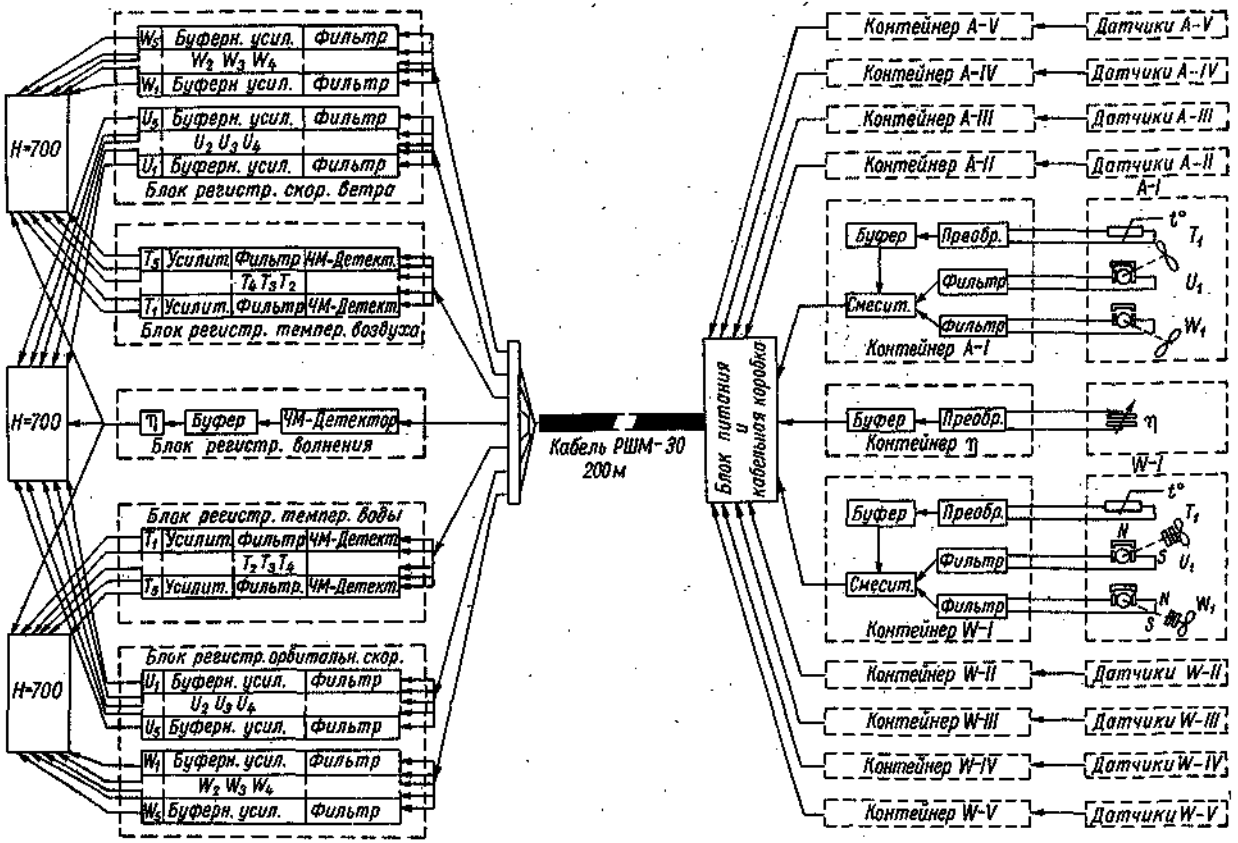


Рис. 23.4. Блок-схема измерительного комплекса ПГС и стационарной градиентной мачты.

— система связи должна быть помехоустойчивой по отношению к внешним наводкам;

— взаимные помехи между каналами должны быть малыми;

— точность передачи информации должна быть высокой;

— эксплуатация измерительной аппаратуры в морских экспедиционных условиях не должна быть чрезмерно трудоемкой.

Все эти условия были положены в основу разработки измерительного комплекса ПГС.

Блок-схема измерительного комплекса ПГС и стационарной градиентной мачты показана на рис. 23.4. Непосредственно в море на буе или мачте размещаются датчики и преобразователи. Приемные блоки, схемы контроля и регистрации находятся на борту судна или береговой лаборатории и оформлены в виде пульта контроля и управления.

Передача сигналов на борт судна или на берег производится посредством кабельной линии связи. Применение частотнозависимых преобразователей позволяет сократить число жил в кабеле и передавать сигналы постоянного тока от датчиков скорости по одному проводу вместе с ЧМ-сигналами от волнографа, датчиков температуры и давления.

Взаимные наводки ЧМ-каналов устраняются соответствующим разносом несущих частот от разных датчиков. Полная полоса частот, которую занимают все ЧМ-преобразователи, лежит в диапазоне 0,5—6 кГц. При таком выборе частот для линии связи до нескольких сотен метров можно применять практически любой кабель, омическое сопротивление каждой жилы которого не превышает 10—20 Ом.

23.3. Платформы для установки измерительной аппаратуры

Создание специализированных платформ для измерений в нижнем слое атмосферы и верхнем слое океана преследуют общую цель обеспечить стабилизацию измерительной базы по отношению ко всем видам динамического воздействия вблизи границы раздела воздух—вода. При умеренном ветре (до 10—12 м/с) основным фактором, определяющим поведение стабилизированной платформы, является поверхностное волнение. При большой силе ветра становится существенным аэродинамический эффект. Поэтому выбор того или иного вида конструкции платформы (буя-носителя) зависит, в основном, от конкретной физической задачи, поставленной перед исследователем.

К настоящему времени в мировой практике накоплен достаточно большой опыт создания стабилизированных плавающих или стационарных платформ различного рода. Их разработка ведется по трем главным направлениям:

— платформы большого тоннажа, способные работать продолжительное время в различных погодных условиях;

— платформы малого тоннажа, позволяющие проводить измерения при умеренном ветре и степени волнения до 4 баллов;

— стационарные измерительные платформы, устанавливаемы на дне моря.

Рассмотрим подробнее перечисленные выше направления рабо по созданию стабилизированных платформ.

Среди платформ большого тоннажа можно выделить автоном ные плавающие платформы типа СПАР [216] и заякоренную ста билизированную платформу Океанографической лаборатории Бед фордского института [204], а также обитаемые буи-лаборатори позволяющие исследователям работать в условиях, близких к су довым. К последнему типу относятся буксируемые носители тип ФЛИП [208], а также заякоренные буи, подобные бую-лаборатори Кусто. Эти платформы, по существу, представляют собой специа лизированные научно-исследовательские суда.

Согласно описаниям систем СПАР и ФЛИП, их длина состав ляет около 100 м, а диаметр около 6 м. Примерно те же характе ристики имеет буй-лаборатория Кусто: длина по вертикали 65 м диаметр подводной части 3 м, диаметр корпуса на границе раз дела воздуха—вода 2 м, диаметр надстройки около 6 м, водоизме щение около 25 т.

Заякоренная стабилизированная платформа Бедфордского ин института имеет длину 51 м, причем длина подводной части до уровн надводной палубы составляет 38 м. К палубе крепится инструмен тальная мачта длиной 13 м. Несущая конструкция платформ имеет треугольную форму и набрана из труб, разделенных н секции. Четыре нижних секции содержат буи. Общая масса плат формы — 17 т, плавучесть — 19 т. Платформа удерживается н месте тринадцатью стальными канатами, каждый из которых кре пится к якорному блоку на дне моря. Устанавливается на глуби нах около 50 м.

Область применения платформ большого тоннажа ограничен трудностью транспортировки их в различные районы океана а также в ряде случаев сложностью постановки на якорь. Помим этого, для некоторых видов измерений влияние корпуса може оказаться существенным (особенно для систем типа СПАР ФЛИП, имеющих корпус диаметром 6 м). Поэтому в практик исследования используются платформы малого тоннажа, свобод ные от этих недостатков.

Для получения доброкачественных длительных рядов гидро метеорологических наблюдений в мелководных акваториях, гд буйковые постановки неприменимы, автономные приборы (само писцы) и автоматические радиогидрометстанции целесообразн устанавливать на жесткое основание-платформу, поднятую на уровнем моря. Таким жестким основанием может служить спроек тированное в 1962 г. институтом «Гипроморнефть» по заказ ГУГМС передвижное свайное основание (АПС). Построенное п этому проекту АПС в течение 7 лет успешно эксплуатировалось н Северном Каспии Астраханской гидрометеорологической обсерва торией [32].

АПС (рис. 23.5) представляет собой металлическую сварную онструкцию, состоящую из платформы *6* площадью 64 м² (8×8), кестко положенную на два понтона *7* и четыре опорных колонны *5*. Ia платформе установлена круглая рубка *4* диаметром около 3 м, ригодная для размещения приемных частей приборов и источни-ов питания. В рубке также можно разместить приемно-передаю-цую аппаратуру радиогидрометстанции. На крыше рубки установ-ена радиомачта *3* с антенной, она же служит для крепления ме-еорологических датчиков.

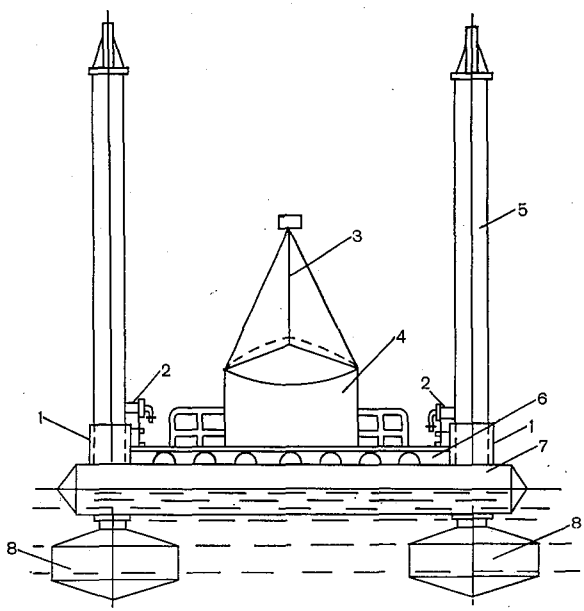


Рис. 23.5. Автономное передвижное свайное основание (АПС).

1 — стаканы опор, *2* — стопорные пальцы, *3* — радиомачта, *4* — рубка, *5* — опорные колонны, *6* — платформа, *7* — понтоны, *8* — пустотелые башмаки.

Понтоны обеспечивают сооружению плавучесть, что позволяет уксировать его в заданный район моря. Опорные колонны (ноги) еремещаются в стаканах *1*, закрепленных на понтонах и с по-ощью четырех лебедок опускаются на дно на глубину до 7 м. Ia концах опорных колонн находятся пустотелые башмаки *8*, поз-оляющие всплывать колоннам при снятии АПС. Затем по стоящим а дне колоннам платформа вместе с понтонами при помощи тех е лебедок поднимается на заданную высоту (не более 5 м) над ровнем моря. Для придания сооружению устойчивости в понтоны акачивается в качестве балласта морская вода (35 т). В рабочем оложении основание выдерживает штормовые ветры до 35 м/с при ысоте волн до 5 м.

С основания свешиваются на тросах любые морские гидрологические датчики и автономные приборы.

В Астраханской ГМО на АПС устанавливалась на весь безледный сезон автоматическая радиометеорологическая станция М-42 (дальность передачи 50 км), вертушки БПВ, фототермограф ГМ-59, автономный мареограф ГМ-28, волнографы с автоматами включения. При этом качество наблюдений было несравненно выше чем на буйковых станциях. На АПС можно также установить автономную радиометеорологическую станцию М-107, если заменить передатчик с расчетом на зонтичную антенну.

Снятие АПС производится в следующем порядке: открытием клапанов выливается вода из понтонов, клапаны закрываются при помощи лебедок платформа опускается на поверхность моря и принимает плавучее состояние. Дальнейшим стравливанием тросов представляется возможность самопроизвольному всплытию опорных колонн, так как на их концах находятся пустотелые башмаки *8*. После всплытия колонн они закрепляются в стаканах стопорными пальцами *2* и АПС готова к буксировке.

К платформе малого тоннажа также относятся плавучие гидрометеостанции, оборудованные автономными системами радиосвязи [31, 206], а также специализированные буи-носители, предназначенные для дистанционного измерения гидрофизических параметров в пограничных слоях на некотором удалении от судна. Телеметрическая система таких станций часто работает на кабельной линии связи, а время работы станции ограничено несколькими часами.

Примером платформ такого типа могут служить градиентные установки, разработанные в Институте океанологии АН СССР [95]. Водоизмещение таких станций около 200 кг. Для улучшения стабилизации применен плоскостной демпфер, подвешенный на тросе. При этом вертикальные колебания станции не превышают ±10 см при высоте волн до 2 м, а угловые наклоны лежат в пределах 10°.

Конструкция аналогичных платформ описана также в [10].

Разработка градиентных станций, предназначенных для исследований в пограничных слоях атмосферы и океана, ведется также в Морском гидрофизическом институте АН УССР. Первой конструкцией такого рода явилась притопленная градиентная станция ПГС-1 [43]. Длина всей конструкции 23 м. Над поверхностью моря ПГС-1 возвышается на 5 м. Масса станции составляет 450 кг.

ПГС-1 представляет собой стабилизированную платформу, построенную по типу вехи Фруда. Особенности поведения полупритопленного буя на поверхности океана описаны, например, Кером [208]. При конструкции носителей типа ПГС учитывались соображения и рекомендации, содержащиеся, в частности, в этой работе.

ПГС-1 имеет несущий поплавок цилиндрической формы диаметром 0,5 м. Выше него находится дополнительный поплавок меньшего диаметра (0,2 м). Соотношение массы ПГС-1 и объема несущего поплавка подобрано таким образом, что в рабочем положе

нии несущий поплавок целиком погружен в воду, а дополнительный поплавок погружен на $^3/_4$ своей длины.

Для эффективного ослабления вертикальных колебаний станции нижняя часть конструкции оборудована гидродинамическим демпфером — горизонтально расположенной жесткой площадкой (около 1,5 м²). Такая конструкция обеспечивала хорошую устойчивость. Вертикальные перемещения ПГС не превышают 10 см при высоте волн до 2 м. Угловые перемещения станции находятся в пределах ±5°.

Для проведения ряда измерений необходимо иметь несущую конструкцию, отслеживающую профиль волны. Так, например, измерение компонент скорости ветра вблизи поверхности волны в стационарной (эйлеровой) системе отсчета невозможно, так как датчики будут находиться попеременно то в воздухе, то в воде. Для проведения подобных измерений в конструкции ПГС-1 предусмотрена специальная механическая следящая система, состоящая из небольшого поплавка, свободно перемещающегося на волне по двум направляющим трубам.

В последние годы в МГИ АН УССР были разработаны новые варианты притопленной градиентной станции. Принципиальное улучшение конструкции градиентной станции было достигнуто в варианте ПГС-4. При сохранении положительных качеств ПГС-1 этот вариант станции позволил существенно упростить работу с ПГС в судовых условиях. Улучшение конструкции было достигнуто за счет использования принципа объемного демпфирования.

Суть объемного демпфирования заключается в том, чтобы увеличить эффективную массу всей системы. В простейшем виде это достигается заполнением водой специальной емкости. Если такую емкость сделать обтекаемой, то ее можно разместить на сравнительно небольшом удалении от взволнованной поверхности, в том числе, где интенсивность волнового движения еще не является малой.

В настоящее время разработки новых моделей ПГС ведутся в МГИ АН УССР с использованием принципа объемного демпфирования.

Развитие работ по исследованию взаимодействия атмосферы и океана потребовало проведения долговременных экспериментов с использованием стационарных измерительных платформ. Как правило, такие платформы создаются в шельфовой зоне моря. Их описание можно найти, например, у Глуховского [31], Кинсмана [209], Понда и др. [212], Давидсона [203], Кондо и др. [210]. Некоторым недостатком исследований на таких неподвижных платформах является трудно учитываемое влияние местных факторов, если конструкция недостаточно удалена от берега или находится в закрытой прибрежной части моря.

В качестве примера одной из таких стационарных платформ можно привести характеристики измерительной башни Института прибрежной океанологии Японии, расположенной в бухте Нагами.

Башня установлена на глубине 20 м и удалена от берега н 1 км. Диаметр башни 2 м, высота надводной части 17 м. На вер шине башни имеется лабораторное помещение высотой 3 м и диа метром 7,4 м. Башня связана подводным кабелем с берегом.

Градиентная мачта Морского гидрофизического института уста новлена в прибрежной части Черного моря на глубине 15 м и уда лена от берега на 300 м.

Стационарная мачта МГИ АН УССР представляет собой стал ную трубу диаметром 160 мм и длиной 16 м. Она установлена н бетонном основании и поддерживается тремя ярусами растяже которые крепятся к четырем массивам. Надводная часть мачт оборудована рабочей площадкой, снабженной системой кронштей нов для крепления несущих приборы конструкций. Мачта связан с берегом подводным многожильным кабелем. Вся регистрирую щая измерительная аппаратура размещена в лабораторном поме щении на берегу. Описание мачты можно найти в работе Коле никова и Ефимова [80].

23.4. Методы наблюдений и обработка

Одним из основных методов, используемых при изучении пара метров мелкомасштабного взаимодействия атмосферы и океана является метод градиентных наблюдений. Несмотря на то чт этот метод хорошо разработан, применение его в приводном сло атмосферы на море связано с рядом методических особенносте Это касается измерений как с борта судна, так и с буев, удале ных от корпуса судна на значительное расстояние. В первом слу чае в измеряемые величины вносится погрешность за счет качк и искажающего влияния корпуса судна. Во втором случае возн кают значительные методические трудности при работе с тяжел весными и длинными конструкциями в открытом море.

Для оценки погрешностей градиентных наблюдений в мор были выполнены методические работы, в частности, Клеванцово Бортковским, Преображенским [76], Богородским [6].

Сравнение измерений, выполненных на буе и судне, показал что анемометры, расположенные на мачте, удаленной от носа суд на 8 м, занижают скорость ветра в среднем на 0,3—0,4 м/с. В ря случаев профили температуры и скорости ветра, полученные н судне, имеют ломаный ход. Объяснение изломов профилей влия нием корпуса судна ставит под сомнение возможность расчет потоков количества движения, тепла, влаги по судовым градиен ным наблюдениям.

Развитие прямых методов измерения характеристик турбулен ности в пограничных слоях атмосферы и океана в еще больше степени повысило требование к методической стороне исследов ний. Работы [42, 53, 74, 107] показали несомненное преимуществ измерений характеристик мелкомасштабной турбулентности, вы полненных на полуавтономных дрейфующих буях, по сравнени с судовыми измерениями. Однако наряду с положительными кач ствами полуавтономного метода измерений выяснились его слабы

стороны. Наряду с упоминавшейся выше трудностью постановки громоздких конструкций с борта судна, проявилась такая нежелательная сторона работы, как малая продолжительность серий измерений, обусловленная временем свободного дрейфа буя, связанного кабелем с судном. Вместе с тем измерения на буе не были свободны от погрешностей, вносимых качкой буя. Эти обстоятельства заставили исследователей вернуться в последнее время к идее измерений характеристик мелкомасштабного взаимодействия с борта судна.

Методические работы, выполненные в самое последнее время Кравчук и др. [65], показали, что при курсовых углах ветра 0 и 90° для судов типа «Академик Курчатов» наиболее удачными местами для измерений являются грузовые колонны и выстрелы на баке судна. Было установлено, что при движении судна против ветра или с малыми углами к ветру, возмущающее влияние судна становится минимальным.

Работы [20, 57, 145] показали репрезентативность прямых измерений, выполняемых на судне. Однако полностью исключить влияние качки и рысканья судна, а также возмущений корпуса судна не представляется возможным.

При обработке измерений турбулентных характеристик пограничных слоев атмосферы и океана применяется в настоящее время аппаратура, разработанная Бовшеверовым и другими [146]. В ряде случаев параллельно с записью сигнала на магнитную ленту осуществляется аналоговая регистрация. Статистическая обработка материала осуществляется или непосредственно в измерительном комплексе, как это делается в измерительной аппаратуре Института физики атмосферы [20], или путем первоначальной регистрации измеряемых параметров на перфоленту с последующей обработкой информации на ЭВМ [57].

Окончательный результат представляется в виде таблиц потоков количества движения, тепла и влаги. Вместе с этим для анализа временных и пространственных масштабов неоднородностей полей скорости, температуры, влажности и других параметров используется спектральное представление.

Глава 24. ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАДИОАКТИВНОСТИ ВОЗДУХА, ВОДЫ И ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЙ В ОКЕАНАХ И МОРЯХ

Проведение испытаний ядерного оружия, эксплуатация судов с ядерными энергетическими установками, развитие ядерной энергетики, а также удаление отходов предприятий атомной промышленности в моря и океаны привело к появлению в морской среде нового экологического фактора — искусственной радиоактивности. В связи с этим возникла необходимость в контроле за уровнями загрязнения радиоактивными веществами атмосферы над океаном,

морской воды и донных отложений с помощью различных радио химических и физических методов. Выбор конкретного метод контроля, частота проведения наблюдений во времени и в прост ранстве зависят от уровней загрязнения, качественного состав загрязняющих веществ и конкретной задачи, стоящей перед иссле дователями.

В настоящей главе дается описание метода и аппаратуры дл измерения суммарной бета-активности воздуха, содержания строн ция-90, цезия-137, кобальта-60 и цинка-65 в морской воде и гамма излучения донных отложений.

24.1. Аппаратура и методика определения концентраций суммарной бета-активности в приводном слое атмосферы

Негазообразные продукты ядерных взрывов и выбросов атом ных предприятий в нижнем слое атмосферы находятся в виде аэр зольных частиц субмикронных размеров. Основная масса искусс венной радиоактивности сидит на частицах с радиусом от 0,1 д 1,0 мкм. Частицы такого размера практически не падают, а пер мещаются с воздушными массами на большие расстояния и уд ляются из атмосферы, в основном, с осадками. Концентраци искусственных бета-активных аэрозолей определяется методо фильтрации воздуха через тонко-волокнистые фильтры с послед ющим радиометрическим анализом собранных аэрозолей.

В настоящее время имеется много конструкций воздухофиль рующих устройств (ВФУ) для отбора проб атмосферных аэроз лей. Однако в основном эти устройства не приспособлены для р боты на морских судах.

Отбор проб на борту судна имеет свои особенности. Обыч ВФУ располагается на открытой палубе, поэтому необходимо пр дусмотреть защиту фильтра от попадания брызг морской вод осадков и сажи из дымовой трубы.

Первое требование заставляет устанавливать ВФУ на сам верхней палубе, последнее — впереди дымовой трубы. Качка и вет сильно затрудняют работу с фильтром на открытой палубе, п этому конструкция ВФУ должна предусматривать применен съемных фильтродержателей, с тем, чтобы закрепление на н фильтров можно было бы производить в закрытом помещени

Наиболее удобной конструкцией, учитывающей специфику и мерений на борту судна, является ВФУ «Тайфун», разработанн в Институте экспериментальной метеорологии ГУГМС в г. О нинске.

Основные технические характеристики

Производительность максимальная, м³/ч	3600—4000
Площадь фильтра (максимальная), м²	1
Электровентилятор, тип	48 ЦС-48
Потребляемая мощность, кВт	8
Питание: 3-фазное напряжение, В	380/220

Габариты:

наибольшая высота, м	2,4
длина, м	1,6
ширина с глушителем, м	1,4
ширина без глушителя, м	1,0
Масса установки, кг	около 250

ВФУ состоит из следующих основных узлов: воздухозаборного устройства (ВЗУ), электровентилятора (ЭВ), глушителя, шасси.

ВЗУ служит для установки фильтродержателей с фильтром, защиты от брызг морской воды и осадков, измерения расхода воздуха.

ВФУ (рис. 24.1) состоит из установочной камеры *5*, в которой помещаются фильтродержатели с фильтрами *16*, измерительного сопла *2*, укрепленного на переходном патрубке *4*, брызгозащитного колпака *1* с жалюзями *3*, приборной коробки *15* с указателем скорости УС-250 и двумя демпферами, ограничительной шайбы *13*, воздуховода *14*, *12*, *10*.

Как видно из рис. 24.1, фильтродержатели *16* устанавливаются в пазы *18* дна установочной камеры *5* и закрепляются защелками. Воздух поступает в установочную камеру сверху через измерительное сопло *2*. Пройдя фильтр и воздуховод, он попадает в электровентилятор *9* и через глушитель 6 выбрасывается наружу.

Расход воздуха измеряется посредством измерительного сопла и самолетного указателя скорости УС-250 (или УС-125).

Воздух в измерительное сопло может попасть только через жалюзийные щели *3* по бокам брызгозащитного колпака *1* и снизу в зазор между колпаком и корпусом установочной камеры. Все отверстия, через которые проходит воздух, расположены ниже измерительного сопла, а их площадь примерно в 15 раз больше поперечного сечения сопла. Поэтому скорость воздуха под колпаком мала, и попавшие туда капли воды падают вниз, не долетев до входа в измерительное сопло. Для того чтобы избежать неприятной процедуры установки и съема фильтра на открытой палубе в ВФУ «Тайфун», используются четыре съемных фильтродержателя. Заряженные фильтродержатели переносятся в специальном закрытом чемодане. На каждый фильтродержатель устанавливается кусок фильтра площадью 0,25 м². Рабочая площадь фильтра составляет ~0,20 м². При необходимости единовременно можно использовать от одного до четырех фильтродержателей. Свободные пазы закрываются специальными заглушками *17*, входящими в комплект ВФУ. При использовании неполного комплекта фильтродержателей с фильтрами ВФУ «Тайфун» имеет следующую производительность: 1 фильтродержатель — 1300—1500 м³/ч; 2 фильтродержателя — 2400—2600 м³/ч; 3 фильтродержателя — 3000—3200 м³/ч.

Во время работы вентилятор создает сильный шум, мешающий нормальной работе и отдыху команды. Для снижения уровня шума в ВФУ «Тайфун» приняты специальные меры. Применяется глушитель на выхлопной трубе вентилятора. Внутренние стенки

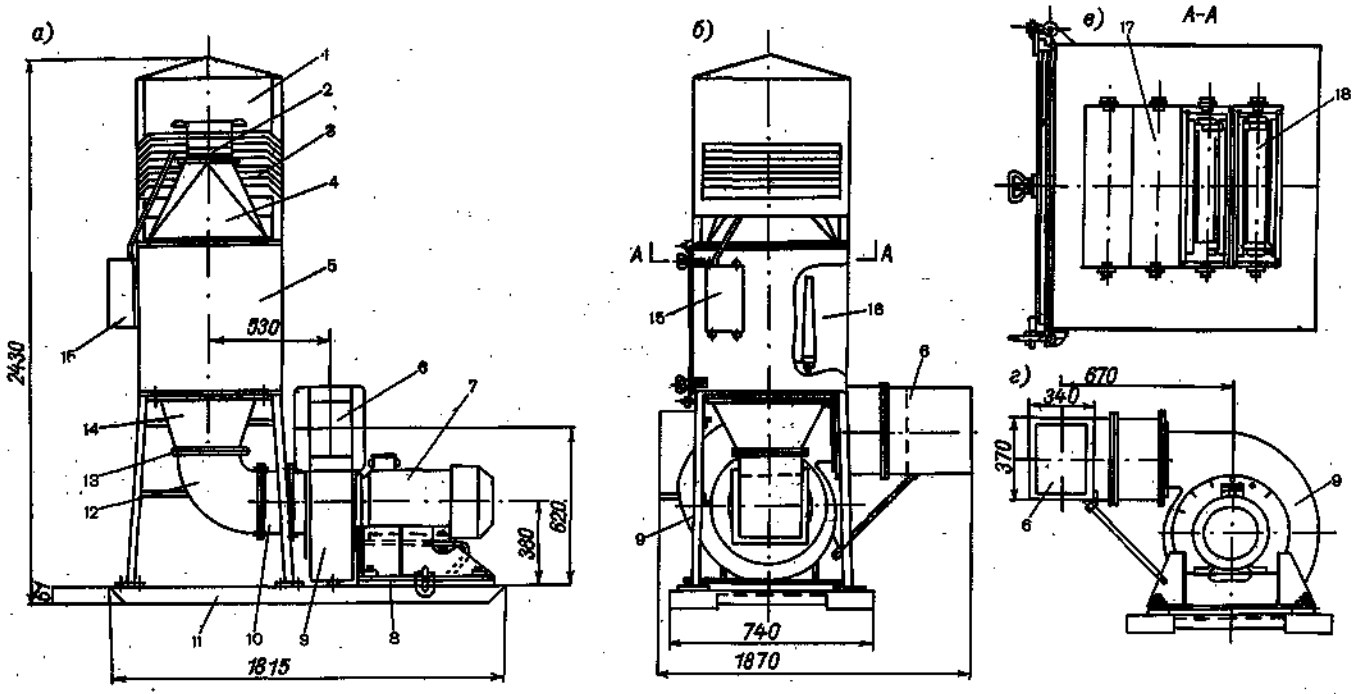


Рис. 24.1. Воздухофильтрующее устройство (ВФУ) «Тайфун».

1 — брызгозащитный колпак, *2* — измерительное сопло, *3* — жалюзийные щели, *4* — переходный патрубок, *5* — установочная камера, *6* — глушитель, *7* — электродвигатель, *8* — резиновые амортизаторы, *9* — улитка вентилятора, *10* — брезентовый рукав, *11* — шасси, *12* — воздуховод, *13* — ограничительная шайба, *14* — нижний переходный патрубок, *15* — приборная коробка с указателем скорости, *16* — фильтродержатели с фильтром, *17* — заглушки, *18* — пазы для установки фильтродержателей.

глушителя выложены капроновой ватой, хорошо поглощающей звук. Корпус улитки вентилятора оклеен пенопластом, который также хорошо поглощает звук. Поверх пенопласта для прочности натянут брезентовый кожух. Для того чтобы вибрации от работающего вентилятора не передавались на ВФУ, вентилятор и ВФУ соединяются брезентовым рукавом *10*. К шасси *11* вентилятор крепится посредством двойных резиновых амортизаторов *8*, которые препятствуют передаче вибраций и шума через палубу.

В результате принятых мер уровень шума на расстоянии 1 м от ВФУ не превышает 65 дБ.

Фильтры. Для отбора проб радиоактивных аэрозолей из атмосферы обычно используются тонковолокнистые фильтры Петрянова ФПП-15, ФПП-25 или ФПА. Фильтры ФПП изготовляются из перхлорвинилового волокна. Они гидрофобны, т. е. стойки к воде, а также к растворам кислот и щелочей. Нестойки к минеральным маслам и органическим растворителям. Хорошо растворяются в ацетоне и дихлорэтане.

Фильтры ФПА изготовляются из ацетилцеллюлозы. Они гидрофильны и разрушаются при попадании на них влаги. Но зато фильтры ФПА удобно применять тогда, когда необходимо быстро и при низкой температуре удалить из пробы балластную органику.

ВФУ «Тайфун» рассчитано на работу с фильтром ФПП-15. Однако при необходимости можно пользоваться фильтрами ФПП-25, которые отличаются большей плотностью и лучшей улавливающей способностью. Чтобы и с фильтром ФПП-25 получить расчетную производительность, необходимо снять ограничительную шайбу *13*, которая находится между фланцами нижнего переходного патрубка *14* установочной камеры и воздуховода *12*.

Следует учитывать, что работать с фильтром ФПП-15 без ограничительной шайбы ни в коем случае нельзя, так как это приведет к перегрузке мотора и выведет вентилятор из строя.

Заводом-изготовителем фильтры выпускаются в виде стандартных листов размером 1550×650 мм. Для установки на фильтродержатель листы разрезаются на четыре равные части.

Измерение количества воздуха, прошедшего через фильтр. Для измерения расхода воздуха в ВФУ «Тайфун» используется измерительное сопло с указателем скорости. Профиль сопла выбран таким, что уравнение Бернулли для его цилиндрической части может быть записано следующим образом:

$$V=\sqrt{\frac{2g\,\Delta P}{\rho}}, \qquad (24.1)$$

где V — скорость потока воздуха в цилиндрической части сопла, м/с; ΔP — перепад давления между окружающей атмосферой и внутренней частью сопла, мм вод. ст.; g — ускорение свободного падения, 9,81 м/с^2; ρ — плотность воздуха, кг/м^3.

Мгновенный расход воздуха q через сопло равен

$$q=VS \text{ м}^3/\text{с}, \qquad (24.2)$$

где V — скорость потока, определенная по формуле (24.1); S — площадь сечения цилиндрической части сопла, м². Перепад давления ΔP обычно измеряется самолетным указателем скорости УС-250 или УС-125, шкалы которых градуированы непосредственно в скоростях потока в км/ч.

При отсутствии указателя скорости или его поломке скорость можно определить по формуле (24.1), а величину ΔP измерить с помощью U-образного манометра, который легко сделать из двух стеклянных трубок любого сечения, соединенных снизу резиновой трубкой и заполненных подкрашенной водой.

Количество воздуха, прошедшего через фильтр за время работы ВФУ при неизменной скорости, равно

$$Q = 1000 V S \Delta t, \tag{24.3}$$

где Q — количество воздуха, м³; V — скорость потока по показаниям УС-250, км/ч; S — площадь сечения цилиндрической части сопла, м²; Δt — время работы ВФУ, ч.

Чаще всего, однако, скорость во время работы ВФУ меняется. Эти изменения можно подразделить на быстрые и медленные. Быстрые изменения вызываются порывами ветра, в результате чего стрелка прибора колеблется около некоторого среднего положения. Для устранения быстрых колебаний последовательно с трубками, идущими к штуцерам указателя скорости, включаются демпферы. Демпферы представляют собой трубки, набитые волокнистым материалом (капроновой или стеклянной ватой).

Медленные изменения скорости вызываются изменением гидродинамического сопротивления фильтра вследствие его уплотнения, увлажнения или заполнения пылью. Поэтому для более точного определения количества воздуха, прошедшего через фильтр, измерения скорости необходимо проводить несколько раз за время работы ВФУ. В этом случае величина Q рассчитывается из соотношения

$$Q = 1000 S \left[\frac{V_0 + V_1}{2} t_1 + \frac{V_1 + V_2}{2} (t_2 - t_1) + \ldots + \right.$$
$$\left. + \frac{V_{n-1} + V_n}{2} (t_n - t_{n-1}) \right], \tag{24.4}$$

где S — площадь сечения сопла, м²; V_0 — скорость в начале работы, км/ч; V_n — скорость перед снятием фильтра, км/ч; $t_1, t_2, \ldots t_n$ — время, отсчитываемое от момента включения ВФУ ($t_0 = 0$), ч.

В ВФУ «Тайфун» применяется сопло с площадью сечения цилиндрической части 0,07 м². Формула (24.4) в окончательном виде запишется

$$Q = 70 \left[\frac{V_0 + V_1}{2} t_1 + \frac{V_1 + V_2}{2} (t_2 - t_1) + \ldots + \right.$$
$$\left. + \frac{V_{n-1} + V_n}{2} (t_n - t_{n-1}) \right]. \tag{24.5}$$

Практически для определения Q достаточно производить изме-
ения через каждые 2 ч за время экспозиции фильтра.

Предварительная обработка проб атмосферных аэрозолей. Пробы атмосферных радиоактивных аэрозолей, отобранные на фильтры, перед измерением подвергаются предварительной обработке. Фильтрующий слой экспонированного фильтра отделяется от марлевой основы и обугливается в закрытом фарфоровом тигле на электроплитке; при этом необходимо избегать воспламенения фильтра. После обугливания крышка с тигля снимается и проба прокаливается в муфельной печи при температуре не выше 500°С. Следует учитывать, что при сжигании фильтров ФПП выделяются едкие агрессивные газы, поэтому озоление нужно производить только в вытяжном шкафу с принудительной вытяжкой. После сжигания зола или ее часть упаковывается в стандартную подложку.

Аппаратура для измерений суммарной бета-активности проб. Измерения обычно проводятся на торцевом счетчике в свинцовом домике с толщиной стенки 3—5 см. Счетчики можно использовать любые, но лучше брать типа МСТ-17 или СБТ-7. Последние удобнее, так как при одинаковых счетных характеристиках они требуют более низкого рабочего напряжения — 380—400 В.

В качестве радиометрических приборов можно использовать любое пересчетное устройство, например, Б-4, ПС-100, ПС-12, ЛП-100. Удобнее выбирать прибор, имеющий встроенный блок высокого напряжения для питания счетчика.

Порядок проведения измерений. Помимо искусственных радиоактивных аэрозолей в воздухе всегда присутствуют естественные радиоактивные аэрозоли, которые также попадают на фильтр. Эти последние образуются при распаде радиоактивных эманаций — радона и торона — продуктов распада урана и тория, содержащихся в земной коре. Уровни радиоактивности естественных радиоактивных аэрозолей часто превышают уровни искусственных. Однако период полураспада наиболее долгоживущего естественного радиоактивного изотопа ThB (^{212}Pb) равен 10,5 ч. Поэтому на третьи сутки после снятия фильтра вся активность в пробе будет обусловлена только искусственными радиоактивными изотопами. Таким образом, производить измерения проб нужно на третьи или четвертые сутки после снятия фильтра.

Перед началом измерения (после не менее чем получасового прогрева аппаратуры) измеряется фон и определяется эффективность счетной установки.

При измерении фона под счетчик ставится бланковая проба, т. е. стандартная подложка с пеплом неэкспонированного фильтра.

Измерение фона, так же как и определение эффективности, производится дважды: до начала и после окончания измерений дневной серии проб. При расчетах берется среднее арифметическое из обоих измерений. Фон измеряется в течение 20 мин.

Для определения эффективности счета необходимо иметь калибровочный препарат $^{90}Sr+^{90}Y$ с известной активностью, упакованный в такую же стандартную подложку, как и пробы.

Скорость счета от калибровочного препарата измеряется в те чение 5—10 мин в той же геометрии относительно счетчика, чт и пробы.

Если скорость счета фона и калибровочного препарата $N_ф$ $N_{эт}$ имп/мин, то эффективность счета определяется по формул

$$\varepsilon = \frac{N_{эт} - N_ф}{A_{эт}}, \qquad (24.6$$

где $A_{эт}$ — активность эталонного препарата (в расп./мин).

Пробы атмосферных аэрозолей измеряются дважды по 10—20 мин в зависимости от скорости счета. Чем выше скорость счет (т. е. чем выше радиоактивность пробы), тем меньше времен можно измерять пробу для достижения одной и той же стати стической точности измерения. Если измеренная скорость счет от пробы равна $N_{пр}$ имп./мин, тогда количество бета-активных про дуктов в пробе определяется по формуле

$$A_{пр} = \frac{N_{пр} - N_ф}{\varepsilon} \text{ расп./мин.} \qquad (24.7$$

Если через фильтр прошло Q воздуха, то концентрация C бета активных аэрозолей в атмосфере определится как

$$C = \frac{N_{пр} - N_ф}{\varepsilon QP} = \frac{N_{пр} - N_ф}{\varepsilon QP \cdot 2{,}22 \cdot 10^{12}} \text{ Ки/м}^3, \qquad (24.8$$

где ε — средняя эффективность, определенная по формуле (24.6) P — часть фильтра, использованная для приготовления пробы Если для приготовления пробы использован весь фильтр то $P=1$.

24.2. Методика определения стронция-90, цезия-137, кобальта-60, цинка-65 в морской воде при их совместном концентрировании

1. Из отобранной пробы морской воды (объемом 11—12 л) от ливается 0,5 л в стеклянную или полиэтиленовую бутылочку дл определения содержания природного стабильного стронция мето дом пламенной фотометрии. Объем основной пробы доводится д 10 л [190—191].

2. К пробе воды (объемом 10 л) добавляется 15 мл концен рированной соляной кислоты, проба перемешивается и в нее вно сятся носители цезия 50 мг, кобальта и цинка по 150 мг. Проб перемешивается и отстаивается в течение часа. Затем в проб добавляется 40 мл 0,5 M раствора ферроцианида калия, проб вновь хорошо перемешивается и оставляется на 3—4 ч для коагу ляции осадка. Далее в пробу добавляется 120 г безводного угле кислого натрия, проба перемешивается до полного растворени соды и оставляется для отстаивания на 24 ч.

3. Осветленная часть раствора декантируется и выбрасывается, оставшаяся часть пробы фильтруется под вакуумом на воронке Бюхнера. Осадок на воронке промывается 200—300 мл дистиллированной воды, фильтрат и промывные воды выбрасываются.

4. Осадок из воронки переносится в химический стакан, карбонаты щелочно-земельных металлов растворяются раствором 1 н. соляной кислоты. Раствор с нерастворившимся осадком ферроцианидов подогревается в течение двух часов на плитке. Осадок ферроцианидов отфильтровывается на фильтре «синяя лента» и промывается 50—100 мл дистиллированной воды. Фильтрат и промывные воды объединяются и используются для определения содержания стронция-90, осадок — для определения содержания цезия-137, кобальта-60, цинка-65.

Определение стронция-90

5. В раствор, содержащий стронций-90, добавляется 2 мл раствора хлористого бария (10 мг/мл на металл). Он нейтрализуется 1 н. раствором азотной кислоты (по метилрот) и в него добавляется 2—3 капли избытка кислоты и $^1/_2$ объема буферного 30%-ного раствора ацетата аммония. Раствор нагревается почти до кипения, добавляется 2 мл 10%-ного раствора хромовокислого аммония при энергичном трении стеклянной палочкой по стенке стакана. После охлаждения осадок отфильтровывается и промывается 1%-ным раствором ацетата аммония. Осадок бихромата бария отбрасывается.

6. В растворе из слабоаммиачной среды при нагревании почти до кипения осаждаются карбонаты добавлением 120 г соды. Проба отстаивается в течение 12—24 ч. Осадок отфильтровывается на воронке Бюхнера, переносится в стакан и растворяется минимальным количеством концентрированной соляной кислоты.

Хроматная очистка проводится в том случае, если в пробах предполагается наличие бария с лантаном-140. В противном случае хроматная очистка и последующее карбонатное осаждение опускаются, а после растворения карбонатного концентрата проводится только двойная очистка на гидроокиси железа, как описано ниже.

7. Раствор разбавляется дистиллированной водой до 200—250 мл, добавляется 2 мл хлорного железа (15 мг/мл на металл), нагревается до кипения и гидроокись железа осаждается добавлением раствора аммиака без CO_2 при $pH=7\div8$. Осадок отфильтровывается, промывается аммиачной водой и отбрасывается. Раствор подкисляется соляной кислотой, добавляется хлорное железо и повторяется осаждение гидроокиси железа.

8. Раствор подкисляется соляной кислотой до $pH=3\div4$, добавляется 2 мл раствора хлористого или азотнокислого иттрия (10 мг/мл на металл) и оставляется на 16 сут для накопления иттрия-90. После накопления иттрия-90 раствор кипятится в течение 20—30 мин и гидроокись иттрия осаждается добавлением

аммиака без CO_2 при pH=7÷8, после коагуляции (5—10 мин) осадок отфильтровывается и промывается аммиачной водой без CO_2. Время фильтрации гидроокиси иттрия записывается, чтобы впоследствии, зная время начала измерения радиоактивности счетного образца, рассчитать поправку на распад иттрия-90.

9. Раствор подкисляется до pH=4÷5 и в нем определяется на пламенном фотометре содержание стабильного стронция. По этим данным и исходному содержанию стронция рассчитывается его выход.

10. Осадок на фильтре растворяется минимальным количеством соляной кислоты, а фильтр промывается 40 мл дистиллированной воды. К раствору добавляется 2 мл раствора хлористого стронция (10 мг/мл на металл), раствор кипятится (15—20 мин) и в нем осаждается гидроокись иттрия добавлением раствора аммиака без CO_2 при pH=7÷8. Осадок отфуговывается в центрифужной пробирке, дважды промывается аммиачной водой, не содержащей CO_2, и растворяется минимальным количеством концентрированной азотной кислоты.

11. Пробирка с раствором греется на водяной бане (15—20 мин), добавляется насыщенный раствор щавелевой кислоты (вначале по каплям) до объема 10—11 мл и продолжается нагревание еще 10—15 мин. Осадок отфуговывается в центрифужной пробирке, один раз промывается дистиллированной водой (9—10 мл) и два раза спиртом (по 3—4 мл).

12. К осадку добавляется 3 мл спирта, осадок взмучивается и переносится на подложку из обеззоленного фильтра размером 35×25 мм с бортиками 3—5 мм (для удаления спирта подложка помещается на фильтровальную бумагу). Подложка с осадком переносится в фарфоровый тигель, обугливается на электроплитке и прокаливается в муфельной печи при температуре 750—850°С в течение 40—50 мин.

13. После охлаждения тигля осадок скальпелем переносится на полиэтиленовую пленку размером 35×45 мм, разравнивается в виде пятачка диаметром 10 мм и взвешивается.

По исходному количеству внесенного иттрия и его количеству в конце анализа рассчитывается его выход.

14. Взвешенный осадок приклеивается к пленке 5—6 каплями клея БФ-2, разведенного спиртом, и сушится под инфракрасной лампой до сухого состояния. На осадок накладывается вторая полиэтиленовая пленка и через лист кальки склеиваются кромки пленки паяльником со специальным сердечником.

15. Счетный образец вырезается по форме держателя и измеряется на низкофоновой радиометрической установке (фон 5—10 имп./ч, эффективность 45%).

Очистка цезия, кобальта, цинка от примесей

16. Сухой осадок ферроцианидов (из п. 4) с фильтра переносится в тигель и прокаливается в муфельной печи при температуре 350°С.

17. Прокаленный осадок при нагревании растворяется 10—15 мл концентрированной соляной кислоты.

18. Раствор разбавляется дистиллированной водой до 100 мл. К раствору медленно, при перемешивании, приливается разбавленный раствор аммиака (1 : 3) до заметного красного окрашивания без образования неисчезающего осадка.

19. Затем к раствору таким же образом прибавляется 10%-ный раствор карбоната аммония. Когда раствор потемнеет, и осадок, вызываемый каждой каплей, будет растворяться с трудом, добавление реактива прекращается. Раствор должен быть прозрачным.

20. Раствор разбавляется кипящей водой до 300 мл и нагревается до кипения. При правильном проведении нейтрализации осаждение должно начаться при температуре около 70°С.

21. Когда раствор закипит, добавляется 40 мл 25%-ного раствора ацетата аммония. Раствор кипятится 3—5 мин, после чего выпавший осадок отстаивается.

22. Осадок отфильтровывается, промывается горячей водой с добавлением 1%-ного раствора ацетата аммония и отбрасывается.

23. Фильтрат упаривается почти досуха, к остатку добавляется 20 мл концентрированной азотной кислоты, и раствор вновь упаривается почти досуха. Обработка азотной кислотой повторяется 2 раза, а затем проводится 2 раза упаривание с 10 мл концентрированной соляной кислоты.

24. Сухой остаток растворяется в 150 мл дистиллированной воды, и к раствору добавляется 8—10 мл 10%-ного раствора бикарбоната калия. Раствор с осадком греется в течение 30 мин.

25. Осадок карбонатов кобальта и цинка отфильтровывается и промывается горячей водой. Фильтрат используется для анализа на цезий-137.

Определение цезия-137

26. Фильтрат нейтрализуется соляной кислотой до pH=7 и упаривается до 4—6 мл. К раствору добавляется 50 мл ледяной уксусной кислоты и раствор греется.

27. К горячему раствору добавляется 3,5 мл раствора висмут йодата калия, раствор греется без кипения 30—40 мин.

28. Из охлажденного раствора осадок висмут йодида цезия отфуговывается и многократно промывается уксусной кислотой (до полного обесцвечивания промывного раствора). Затем осадок промывается дважды спиртом, пипеткой переносится в тигель и высушивается при температуре 145°С.

29. Осадок переносится на пленку, взвешивается, упаковывается и активность цезия-137 измеряется на гамма-спектрометре.

Разделение кобальта и цинка

30. Осадок (из п. 25) переносится в стакан, растворяется 6 н. соляной кислотой. Раствор упаривается почти досуха, а остаток затем растворяется в 150 мл дистиллированной воды.

31. Раствор подогревается почти до кипения и небольшими порциями, при перемешивании, приливается к 150 мл горячего раствора 10%-ной щелочи.

32. Выпавший осадок отфильтровывается и промывается горячей водой. Осадок используется для выделения кобальта-60 а фильтрат — для выделения цинка-65.

Определение кобальта-60

33. Осадок переносится в стакан, растворяется минимальным количеством концентрированной соляной кислоты, а раствор разбавляется дистиллированной водой до 150 мл.

34. Раствор подогревается, и к нему добавляется 20 мл раствора α-нитрозо-β-нафтола. Осадок отстаивается в течение 1 ч

35. Отстоявшийся осадок отфильтровывается, промывается горячим раствором (1 : 19) соляной кислоты, затем подсушивается на электроплитке и прокаливается в муфельной печи при температуре 750—850°С в течение 3 ч.

36. Прокаленный осадок растворяется в 10 мл концентрированной серной кислоты, раствор упаривается досуха и прокаливается в муфельной печи при температуре 500°С в течение 30 мин

37. После прокаливания осадок сульфата кобальта взвешивается для определения выхода носителя и поступает для измерения радиоактивности кобальта-60.

Определение цинка-65

38. Фильтрат (из п. 32) нагревается почти до кипения, pH раствора доводится соляной кислотой до 4, в раствор добавляется 5 г хлористого аммония и 30 мл 10%-ного раствора двузамещенного фосфата аммония. Раствор с осадком греют на песчаной бане в течение 1—2 ч, затем отстаивают.

39. Осадок отфильтровывается, промывается 1%-ным раствором двузамещенного фосфата аммония. Раствор отбрасывается

40. Сухой осадок с фильтра переносится в стакан, растворяется в 10 мл серной кислоты (1 : 1) при нагревании и упаривается почти досуха, к остатку добавляется 30 мл дистиллированной воды, 10 мл 20%-ного раствора роданида аммония и 50 мл изоамилового спирта. Проба переносится в делительную воронку и встряхивается в течение 2—3 мин. Водный слой после отстаивания сливается и отбрасывается.

41. К спиртовому раствору в делительной воронке добавляется 25 мл 10%-ного раствора роданида аммония, подкисленного серной кислотой, и проба вновь встряхивается в течение 2—3 мин После отстаивания водный слой сливается и отбрасывается.

42. К спиртовому раствору в делительной воронке добавляется 10 мл аммиачного раствора хлорида аммония, и проба встряхивается в течение 2—3 мин. После отстаивания водный раствор сливается в стакан, а спиртовый раствор отбрасывается.

43. В водном растворе pH доводится до 4, раствор подогревается, к нему добавляется 5 г хлорида аммония и 30 мл 10%-ного

раствора двузамещенного фосфата аммония. Раствор с осадком подогревается на песчаной бане в течение 1—2 ч.

44. Осадок отфильтровывается, промывается 1%-ным раствором двузамещенного фосфата аммония, подсушивается и прокаливается в муфельной печи при температуре 900°С.

45. Осадок пирофосфата цинка взвешивается для определения выхода носителя и поступает для измерения радиоактивности цинка-65.

Для измерения радиоактивности цезия-137, кобальта-60 и цинка-65 используется низкофоновый сцинтилляционный спектрометр. Детектором спектрометра является кристалл NaI (Fe) размером 70×70, с колодцем. Для уменьшения фона за счет внешнего гамма-излучения детектор помещен в чугунный защитный экран с толщиной стенок 15 см.

Методика концентрирования и выделения указанных изотопов в совокупности с используемой измерительной аппаратурой позволяет с ошибкой около 20% определять содержание стронция-90 в морской воде на уровне $1 \cdot 10^{-13}$ Ки/л, цезия-137 и кобальта-60 $3 \cdot 10^{-12}$, цинка-65 $1 \cdot 10^{-11}$ Ки/л.

24.3. Определение радиоактивного загрязнения донных отложений

Определение радиоактивности донных отложений имеет существенное значение для обеспечения контроля за уровнем радиоактивного загрязнения материкового шельфа. При этом большую роль играет оперативность проведения такого контроля.

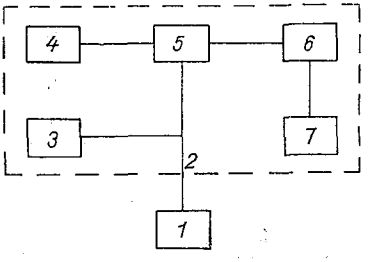


Рис. 24.2. Блок-схема аппаратуры для определения радиоактивности донных отложений.

1 — датчик, 2 — кабель-трос, 3, 4 — стабилизирующие источники, 5 — разделительная схема, 6 — регистрирующая аппаратура, 7 — цифропечатающее устройство.

При достаточно высоких уровнях радиоактивности для практического осуществления указанного контроля наиболее удобным оказывается использование специального подводного гамма-спектрометра, дающего возможность производить измерения без предварительного отбора проб грунта.

Блок-схема спектрометра представлена на рис. 24.2. Датчик прибора *1* опускается на дно с помощью кабель-троса *2*, через который на датчик подается высокое напряжение (1000 В) для питания фотоэлектронного умножителя и низкое напряжение (10 В) для питания электронной схемы от стабилизированных источников *4* и *3*. Выходной сигнал от датчика поступает на

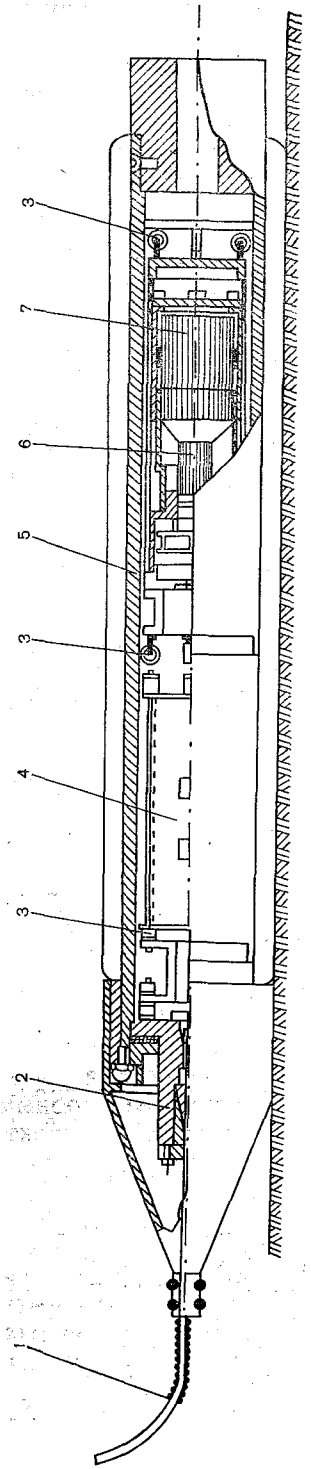


Рис. 24.3. Подводный гамма-спектрометр типа «Волокуша».

1 — кабель-трос, *2* — цанговый зажим, *3* — резиновые амортизаторы, *4* — транзисторный предусилитель, *5* — водонепроницаемый корпус датчика, *6* — фотоэлектронный ужножитель ФЭУ-32, *7* — кристаллический детектор.

регистрирующую аппаратуру *6*, находящуюся на борту судна, по тому же кабелю. Если применяется кабель-трос, у которого имеется только одна токонесущая жила (например стандартный кабель марки КРК-2) то одновременная передача по нему высокого напряжения и сигнала от датчика может быть осуществлена с помощью разделительной схемы *5*. В качестве регистрирующего устройства может использоваться амплитудный анализатор типа АИ-128. Измеренные аппаратурные спектры записываются на бумажной ленте цифропечатающим устройством *7* типа БЗ-15М. Определение уровней загрязнения дна по полученным аппаратурным спектрам производится сразу же после измерения. Методика обработки гамма-спектров приведена в [164].

Конструкции применявшихся подводных гамма-спектрометров изображены на рис. 24.3 и 24.4. В подводном гамма-спектрометре типа «Волокуша» (рис. 24.3) детектирование гамма-квантов осуществляется кристаллом иодистого натрия 7 размером 70×70 мм. Возникающие в кристалле сцинтилляции регистрируются фотоумножителем *6* типа ФЭУ-82. Кристалл, фотоумножитель и транзисторный предусилитель 4 помещены в водонепроницаемый корпус *5* из алюминиевого сплава. Импульсы от датчика поступают к амплитудному анализатору на борт судна по кабель-тросу *1*. Для крепления датчика к несущей оплетке кабель-троса служит цанговый зажим *2*. Резиновые амортизаторы 3 предохраняют ФЭУ и кристалл от сотрясений при резких ударах датчика о дно и борт судна. Описанный прибор отличается простотой конструкции, имеет небольшую массу (порядка 40 кг) и достаточно надежен в работе. При измерениях

датчик находится в горизонтальном положении и лежит на грунте, что дает возможность проводить измерения и на ходу судна. Недостатком такого спектрометра является то, что геометрия измерений у него в значительной степени зависит от характера грунта (ил, песок или каменистое дно). Поэтому гамма-спектрометр «Волокуша» применяется, главным образом, для быстрого обнаружения и оконтуривания районов с повышенным радиоактивным загрязнением морского дна. Чувствительность прибора поз-

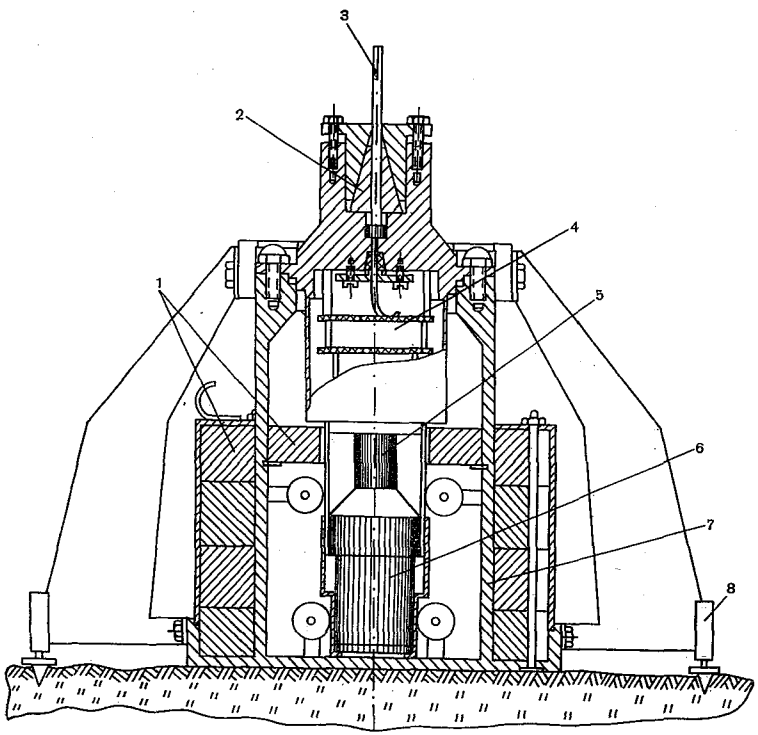


Рис. 24.4. Подводный гамма-спектрометр типа «Кальмар».

1 — свинцовый экран, *2* — цанговый зажим, *3* — кабель-трос, *4* — электронная схема, *5* — фотоэлектронный умножитель, *6* — кристаллический детектор, *7* — корпус датчика, *8* — пружинные демпферы.

воляет надежно выполнять подобные измерения при уровнях загрязнения порядка 100 мКи/км^2 для ^{137}Cs.

Более точные измерения радиоактивного загрязнения донных отложений можно производить с помощью подводного гамма-спектрометра типа «Кальмар». Особенностью конструкции этого прибора (рис. 24.4) является наличие свинцового экрана *1* толщиной 5 см, который задерживает гамма-кванты, испускаемые придонными слоями воды и рассеянное гамма-излучение. Этим достигается улучшение формы аппаратурного спектра и упрощение калибровки спектрометра. Повышению точности измерений

Таблица 24.1

Запись результатов наблюдений при проведении измерений атмосферных аэрозолей на суммарную бета-активность

Форма 1

Шифр[1]	Включение		Выключение		Координаты				Площадь фильтра, м²	Количество воздуха в пробе, м³	Примечание
	дата	время[2], ч мин	дата	время, ч мин	включение		выключение				
					φ	λ	φ	λ			
3-Виз-5	*13 XII 68*	*8 00*	*14 XII 6 8*	*8 10*	*31° 10′ ю.*	*20° 05′ з.*	*35° 05′ ю.*	*20° 10′ з.*	*1,0*	*85 600*	

Форма 2

Шифр	Дата измерения	Измерение, имп./мин		$N_{пр}-N_{ф}$	Измерение эталона, расп./мин $A_{эт}=12\,000$	C Ки/м³	ε	P м³	C расп./(мин·м³)
		фона $N_{ф}$	пробы $N_{пр}$						
3-Виз-5	*17 XII 68*	*314 : 20 = 15,7* *310 : 20 = 15,5* *Среднее 15,6*	*287 : 5 = 57,4* *250 : 5 = 50* *Среднее 53,7*	*38,1*	*6075 : 5 = 1215* *6085 : 5 = 1217* *Среднее 1216*	$4{,}0\cdot10^{-15}$	*0,1*	*5,0*	$8{,}9\cdot10^{-3}$

[1] Шифр пробы состоит из: порядкового номера пробы, сокращенного названия судна, порядкового номера рейса.

[2] Время гринвичское.

Таблица 24.2

Запись результатов измерений стронция-90, цезия-137, кобальта-60 и цинка-65 в морской воде

№ п/п	Дата отбора пробы	Координаты места отбора пробы		Глубина, м		Соленость, ‰	Объем пробы, л	Концентрация, пКи/л			
		φ°	λ°	места	отбора пробы			^{90}Sr	^{137}Cs	^{60}Co	^{65}Zn
1	20 XII 73	40° 00′ с. ш.	175° 00′ в. д.	4000	100	36,5	10	0,5	0,8	0,2	0,3

Таблица 24.3

Запись результатов наблюдений при измерении гамма-спектров донных отложений (прибор «Кальмар»)

№ спектра	Дата	Координаты		Глубина, м	Продолжительность измерения, мин	Содержание изотопов в донных отложениях, мКи/км²
		φ°	λ°			
1	1 XII 73	14° 18′ С	154° 18′ З	300	60	^{137}Cs 150

радиоактивности донных отложений способствует вертикальное расположение датчика, обеспечивающее постоянство геометрии измерений. Подвеска датчика на пружинных демпферах *8* позволяет не нарушать структуры верхних слоев мягкого грунта, находящихся под кристаллом.

Недостатком прибора следует считать невозможность работы на больших глубинах, когда постановка судна на якорь затруднена.

Глава 25. СБОР, МАШИННАЯ ОБРАБОТКА И РАСПРОСТРАНЕНИЕ ОКЕАНОГРАФИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ

В главе описывается технология сбора, машинной обработки и распространения океанографической информации в переходный период комплексной автоматизации и механизации гидрометеорологических наблюдений. Этот период характеризуется тем, что на экспедиционных судах пока преобладают датчики, приборы и методы определения океанографических и гидрохимических характеристик, разработанные в 30—60-х годах. Но в то же время уже существуют береговые (и судовые) центры обработки (вычислительные центры — ВЦ), оборудованные современными электронными вычислительными машинами, графопостроителями, множительной техникой и другими устройствами автоматической и полуавтоматической обработки аналоговой и дискретной гидрометеорологической информации.

25.1. Технология сбора, машинной обработки и распространения информации для судов без ЭВМ и для судов, оборудованных ЭВМ

Техническое обеспечение описываемой технологии включает в себя существующие в настоящее время приборы и методы получения отсчетов по глубоководным термометрам, термоглубомерам, бюреткам и приборам (аргентометрический метод для хлора, отсчеты электросолемера для солености, иодометрический метод для кислорода, электрометрический и колориметрический методы для активности водородных ионов, ацидиметрический метод для щелочности, отсчеты фотоэлектрического колориметра-нефелометра ФЭК-56 для фосфатов, кремния и нитритов), самописцы течения БПВ, фототермографы ФТГ-64, механические батитермографы БТ, перфорирующее устройство (рулонный телеграфный аппарат Т-51 или перфоратор любого другого типа, рис. 25.1) и ЭВМ «Минск-22(32)».

На судах, оборудованных ЭВМ, в начале рейса океанологом и гидрохимиком по определенным макетам [23] с помощью перфоратора на перфоленты заносится справочная океанографическая

и гидрохимическая информация (данные из всех сертификатов для термометров и термоглубомеров, поправки бюретки для хлора, поправки двух бюреток для кислорода, номера склянок для кислорода и их объемы, поправки двух рабочих микробюреток для щелочности и др.).

После выполнения каждой гидрологической серии отсчеты с термометров и всех гидрохимических элементов по определенным макетам [23] с помощью перфоратора из книжек КГМ переносятся на перфоленту. Технология сбора, машинной обработки и распро-

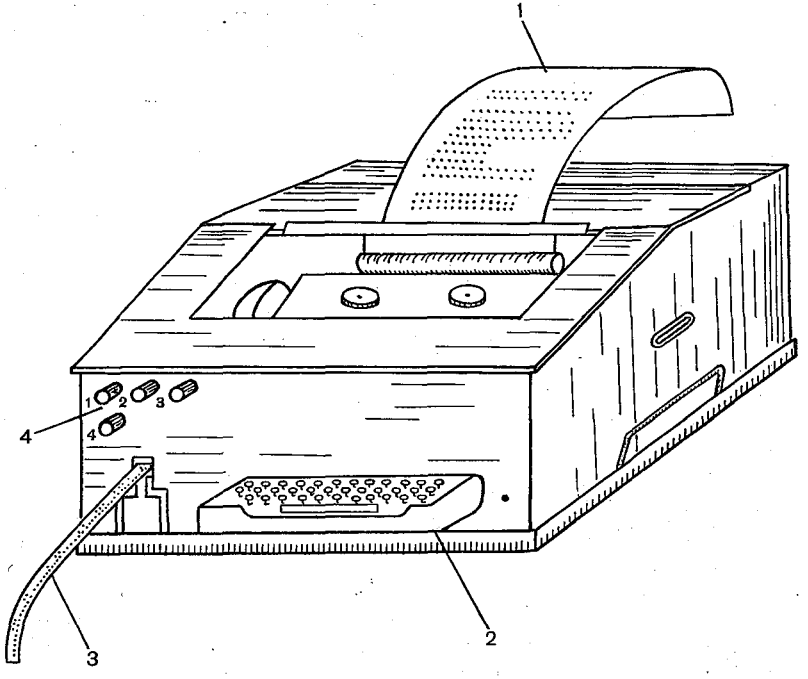


Рис. 25.1. Внешний вид рулонного телеграфного аппарата.

1 — телетайпная лента, *2* — клавиатура, *3* — перфолента с информацией, *4* — тумблеры.

странения глубоководной информации предусматривает также занесение в рейсе на перфоленты БПВ, ФТГ информации и попутных метеоданных.

Дальнейшая обработка этих данных производится оперативно на судовой ЭВМ после выполнения каждой гидрологической серии и подъема буйковой станции.

Правила перфорации справочных и наблюденных величин на судах ГУГМС, оборудованных ЭВМ, а также описание алгоритмов и программ обработки приводятся в [23], разделы 1 и 2.

Если же на судне не установлена ЭВМ, то в рейсе происходит только накапливание обработанных вручную данных на перфоленте [23, 181]. Занесение результатов наблюдений на перфоленту

и ручной контроль качества перфорации являются последними операциями в обработке этой информации на экспедиционных судах, не оборудованных ЭВМ. Разумеется, в этой главе не затрагиваются проблемы, возникающие перед сотрудниками экспедиции, если в рейсовом задании будут указаны и другие виды работ, относящиеся к обработке и рассылке получаемой в рейсе информации (например, подготовка и передача телеграмм по определенным кодам и т. п.). Начальники отрядов должны так организовать камеральную работу в отрядах, чтобы все пункты рейсового задания оказались успешно выполненными.

Все бобины перфолент с глубоководной информацией за рейс, широкая телетайпная лента и опись материалов, после возвращения судна из экспедиции, сдаются производителем работ в соответствующий отдел мореведческого учреждения — владельца судна, а затем, с соблюдением определенных правил, мореведческое учреждение передает перфоматериалы во ВНИИГМИ-МЦД (ЦОД)[1] для машинной обработки, контроля и накапливания на долговременном техническом носителе (например, на микрофильме). Мореведческие учреждения несут ответственность за качество перфоматериалов и соблюдение сроков их пересылки.

Правила занесения на перфоленты обработанных вручную данных на судах без ЭВМ приводятся в разделе 1а работы [23]. Эти же ВМУ используются в гидрометфондах морских УГМС для переноса на перфоленты результатов глубоководных и рейдовых наблюдений, находящихся в листовых архивах гидрометфондов (так называемых «исторических» данных).

Суда, оборудованные ЭВМ, после рейса также сдают перфоматериалы и накопительные магнитные ленты с обработанной на судовой ЭВМ информацией рейса в соответствующий отдел мореведческого учреждения — владельца судна, которое затем высылает эти магнитные ленты во ВНИИГМИ-МЦД.[2]

Перфоматериалы, поступившие по почте во ВНИИГМИ-МЦД, подготавливаются специалистом-океанографом к обработке на ЭВМ. Цель этой сравнительно несложной процедуры сводится к тому, чтобы из-за тех или иных небрежностей и мелких недоделок на перфолентах не допустить напрасную трату машинного времени. Визуально просматривается широкая телетайпная лента, оценивается качество бумаги перфоленты. Специалист должен убедиться, что бумага перфоленты не содержит поврежденных участков, жирных пятен и т. д. Проверяется также наличие на перфолентах символов, разделяющих массивы с информацией

---

[1] ВНИИГМИ-МЦД — Всесоюзный научно-исследовательский институт гидрометеорологической информации — Мировой центр данных. ЦОД — Центр океанографических данных.

[2] Таким образом, на судах, оборудованных ЭВМ, но относящихся к различным ведомствам, могут быть, в принципе, различные макеты перфорации исходной информации и даже различные способы ее обработки на судовых ЭВМ. Но на уровне накопительной магнитной ленты эти различия исчезают, так как макет этой МЛ един для всех судов, оборудованных ЭВМ.

и вспомогательных надписей, сделанных на концах перфолент, и т. д. Все искажения, пропуски и обнаруженные ошибки устраняются специалистом, если это возможно.

Затем перфоленты передаются для обработки на ЭВМ. На первом этапе машинной обработки глубоководная информация записывается на магнитную ленту и подвергается синтаксическому контролю. В результате машина выдает две таблицы: таблицу ошибок перфорации и таблицу пропусков при перфорации. Специалист анализирует эти таблицы, вносит в исходную информацию исправления по определенным правилам, если в этом есть необходимость, и принимает решение о дальнейшей машинной обработке этой информации[1].

Глубоководная информация рейса снова считывается с магнитной ленты станция за станцией в оперативную память ЭВМ. В результате обработки информация каждой океанографической станции будет подвергнута логическому и статистическому контролю. Сомнительным и забракованным этой программой параметрам присваиваются машиной соответствующие признаки, с которыми эти параметры затем и помещаются в перфокартах океанографического, гидрохимического и метеорологического макетов, в таблицах и МЛ для международного обмена, в «полных» таблицах ТГМ-3М, на микрофильме и т. д. Кроме этого, забракованные параметры не участвуют в дальнейших расчетах при получении производных характеристик для таблиц и графиков, выдаваемых машиной для каждой океанографической станции. Таким образом, программа контроля не вносит автоматически исправлений в исходную информацию, а лишь присваивает признаки брака или сомнительности тому или иному параметру из исходной информации[2].

После того, как исходная информация прошла стадию машинного контроля, она может быть подвергнута компрессии (смысловому и статистическому сжатию) или упаковке, защищена с помощью соответствующего кодирования от помех и выведена из ЭВМ на микрофильм — долговременный носитель информации.

Затем по соответствующей программе получаются проинтерполированные и расчетные величины, результаты обработки каждого рейса могут быть выведены из ЭВМ в виде таблиц, графиков и перфокарт. В п. 25.6 дается подробный перечень того, что можно получить во ВНИИГМИ-МЦД с помощью ЭВМ.

Специалист просматривает полученные таблицы, графики и перфокарты и анализирует «Ведомость результатов обработки». Затем он принимает окончательное решение о надежности исходных

---

[1] В исключительных случаях перфоматериалы очень низкого качества могут быть на этой стадии обработки возвращены мореведческому учреждению для переделки.

[2] В конце машинной обработки океанографических станций за рейс, после выдачи с помощью АЦПУ всех таблиц и графиков, на печать автоматически выдается «Ведомость результатов обработки», из которой можно узнать, почему та или иная величина исходной информации забракована или отнесена к сомнительным величинам.

данных, о качестве полученных с помощью ЭВМ материалов, а также о качестве работы ЭВМ (вычислителя, устройств ввода и вывода и т. д.). В некоторых случаях может быть принято решение о повторной машинной обработке информации той или иной станции (например, из-за плохой работы алфавитно-цифрового печатающего устройства, сбоя ЭВМ, неполного и неправильного раскодирования исходных данных и т. д.).

Полученные графики и таблицы (за исключением «Ведомости результатов обработки», таблиц и МЛ для международного обмена) после соответствующей комплектации высылаются по почте мореведческому учреждению. При правильной организации работ по этой технологии временной интервал между высылкой исходных материалов во ВНИИГМИ-МЦД и получением учреждением обработанных данных рейса не должен превышать месяца.

Перфокарты, перфоленты и микрофильмы остаются в центральном гидрометфонде ГУГМС (ВНИИГМИ-МЦД) и служат для пополнения массивов: океанографического, гидрохимического и метеорологического. Эти массивы на технических носителях используются для режимных, статистических и прикладных разработок на ЭВМ по заявкам потребителей.

Информация с судов, оборудованных ЭВМ, поступившая во ВНИИГМИ-МЦД на накопительных магнитных лентах, также подвергается проверке на ЭВМ и выводу на микрофильм. Тот же самый табличный и графический материал может быть получен и здесь по каждой океанографической станции рейса. На этой стадии обработки потоки глубоководной информации, идущие из гидрометфондов морских УГМС («исторические» данные) и с судов как оборудованных ЭВМ, так и не оборудованных, сливаются.

25.2. Общие сведения о переносе информации из наблюдательских книжек (таблиц) на перфоленту с помощью телетайпа

На судах без ЭВМ и в гидрометфондах морских УГМС. Для ввода в ЭВМ информация должна быть соответствующим образом подготовлена к перфорации и занесена на промежуточный технический носитель (перфоленту). Данные глубоководных наблюдений заносятся в международном телеграфном коде МТК-2 (рис. 25.2) на пятипозиционную бумажную перфоленту шириной 17.5 мм в виде пробивок, образующих определенные смысловые комбинации. Каждой комбинации (строке на перфоленте) соответствует двузначное восьмеричное число[1] машинного кода (графа 4 рис. 25.2), в который информация автоматически переводится при вводе ее с перфоленты в ЭВМ.

---

[1] Восьмеричная система счисления (8 с/с) принята для производства машинных операций в ЭВМ. В ее основе, в отличие от десятичной, содержится лишь восемь цифр: 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7. Следовательно, за числом 7 идет число 10, за числом 17 — число 20, за числом 77 — число 100 и т. д.

Перфорация осуществляется на телетайпе Т-51 или любом другом агрегате типа РТА (рулонный телеграфный аппарат), имеющем распечатывающее устройство с широкой (или узкой) телетайпной лентой, на которую выводится в буквенно-цифровом виде информация, заносимая на перфоленту в коде МТК-2 (см. рис. 25.1). Это позволяет производить визуальный контроль перфорации и следить за исправностью аппарата (за соответствием пробивок на перфоленте и широкой ленте).

Перфолента имеет шесть продольных дорожек, из которых пять служат для комбинационных пробивок, а шестая является синхронизирующей. Для каждой буквы, цифры, знака и символа используется от одной до пяти пробивок (круглых отверстий), которые размещаются на перфоленте в одной строке перпендикулярно синхродорожке. Сочетания из пяти пробивок образуют 32 комбинации. Из них 26 комбинаций используются в двух регистрах (буквенном и цифровом) и шесть комбинаций работают независимо от регистра. Для каждой из 32 комбинаций имеется соответствующая клавиша на телетайпе, нажатием на которую обеспечивается одновременно перфорация строки на перфоленте и печать одного символа (знака) на широкой (или узкой) телетайпной ленте [1].

Телетайп позволяет воспроизводить в коде МТК-2 78 знаков (10 цифр, 30 букв русского алфавита [2], 26 букв латинского алфавита и 12 синтаксических символов типа точек, запятых, скобок и т. д.). Поскольку на все 78 знаков приходится только 26 комбинаций (на одну комбинацию по три знака), большинство клавиш используется в нескольких регистрах, в зависимости от смысла информации (в регистре «рус.» для буквенной информации, представленной в русском алфавите, в регистре «лат.» для буквенной информации, представленной в латинском алфавите, и в регистре «цифр.» для информации, выраженной цифрами, буквами Э, Ш, Щ, Ю и Ч, вынесенными в цифровой регистр, и синтаксическими символами, указанными в колонке «цифровой регистр»), см. рис. 25.2.

На клавишах телетайпа указываются соответствующие знаки, которые могут быть отперфорированы в одном из регистров при нажатии на данную клавишу, причем в верхней части клавиши указываются знаки, пробиваемые в буквенном (русском или латинском) регистре, а в нижней — в цифровом регистре. Клавиши, имеющие только одну надпись (вверху или внизу), работают соответственно лишь в буквенном или цифровом регистре (в зависимости от того, где сделана надпись). Переход из одного регистра в другой осуществляется нажатием на одну из трех клавиш, индексированных «рус.», «лат.» и «цифр.».

---

[1] Шесть комбинаций, работающих независимо от регистра (т. е. служебных), на широкой телетайпной ленте не фиксируются.

[2] Буквы Ъ и Ё из алфавита исключены. Буква Ч совмещена в механической схеме телетайпа с цифрой 4.

Многократным нажатием на клавишу «рус.» в коде МТК-2 производится пробивка продольной (синхронизирующей) перфодорожки, состоящей из более мелких отверстий, немного сдвинутых влево относительно продольной оси перфоленты (если смотреть на выводное устройство телетайпа). Перфодорожка не несет смысловой нагрузки и удобна для выделения массивов (зон) информации или их частей на перфоленте. В сочетании с пробивкой «лат.» пробивка «рус.» для ЭВМ «Минск-22» дает границы начала («рус.»+«лат.») и конца зоны («лат.»+«рус.»), т. е. команды (для ЭВМ) начала и конца считывания информации с перфоленты. Как и пробивка «рус.», на информацию не влияют (т. е. не искажают ее смысла) и другие пять пробивок служебного характера, работающие независимо от регистра и используемые при работе на телетайпе для перехода с регистра на регистр, производства «пробелов» (разделения символов на широкой телетайпной ленте).

а)

Цифровой регистр	Буквенный регистр	Кодовые комбинации						Машинный код в 8 с/с
1	2	3						4
0			●	•	●		●	15
1		●	●	•	●		●	35
2		●	●	•			●	31
3		●		•				20
4			●	•		●		12
5				•			●	01
6		●		•	●		●	25
7		●	●	•	●			34
8			●	•	●			14
9				•		●	●	03

в)

Буквенный и цифровой регистр	Кодовые комбинации						Машинный код в 8 с/с
1,2	3						4
Лат	●	●	•	●	●	●	
Рус			•				
Цифра	●	●	•		●	●	
Перевод строки		●	•				
Возврат каретки			•		●		
Пробел			•	●			

Рис. 25.2. Международный телеграфный код N2 (МТК-2).

а — цифровая информация, *б* — буквенная информация и другие символы, *в* — служебные комбинации.

б)

Цифровой регистр	Буквенный регистр	Кодовые комбинации						Машинный код в 8 с/с
1	2	3						4
	А	●	●	•				70
	Б	●		•		●	●	63
	В	●	●	•			●	71
	Г		●	•		●	●	53
	Д	●		•		●		62
	Е	●		•				60
	Ж		●	•	●	●	●	57
	З	●		•			●	61
	И		●	•	●			54
	Й	●	●	•		●		72
	К	●	●	•	●	●		76
	Л		●	•			●	51
	М			•	●	●	●	47
	Н			•	●	●		46
	О			•		●	●	43
	П		●	•	●		●	55
	Р		●	•		●		52
	С	●		•	●			64
	Т		●	•			●	41
	У	●	●	•	●			74
	Ф	●		•	●	●		66
	Х			•	●		●	45
Ч			●	•		●		12
	Ц		●	•	●	●		56
Ш			●	•		●	●	13
Щ				•	●		●	05
	Ы	●		•	●		●	65
	Ь	●		•	●	●	●	67
Э		●		•	●	●		26
Ю		●	●	•		●		32
	Я	●	●	•	●		●	75
?		●		•		●	●	23
:			●	•	●	●		16
(		●	●	•	●	●		36
)			●	•			●	11
.				•	●	●	●	07
,				•	●	●		06
‘		●		•	●			24
=			●	•	●	●	●	17
/		●		•	●	●	●	27
+		●		•			●	21
–		●	●	•				30
X		●		•		●		32

перевода строки (поворота барабана с широкой лентой на один или несколько шагов) и возврата каретки (перевода барабана на начало следующей строки).

Перфорация данных рейдовых и глубоководных батометрических наблюдений как на судах, не оборудованных ЭВМ, так и в гидрометфондах морских УГМС производится только в коде МТК-2. Данные же буквопечатающих вертушек и фототермографных наблюдений (БПВ и ФТГ данные), в соответствии с макетами перфорации [23], могут перфорироваться как в коде МТК-2, так и в цифровом коде, имеющем существенные отличия от кода МТК-2. Цифровой код создан на базе весьма простого машинного кода и максимально к нему приближен. Код МТК-2 разрабатывался для нужд телеграфии, в этом коде большое внимание уделено буквенным символам. Цифровая часть кода МТК-2 довольно сложна. Преимуществом кода МТК-2 является то, что не нужно перфорировать знак «+» перед положительными числами. В цифровом коде перфорация знака «+» перед положительными числами обязательна. Кроме того, в цифровом коде необходимо перфорировать кодовую запятую, т. е. запятую, указывающую, что данное число может иметь десятичные знаки.

Чтение (визуальный просмотр) перфоленты удобнее всего производить слева направо при расположении ее к себе лицевой стороной (т. е. стороной, на которой пробивки более гладкие). Держать перфоленту при этом следует так, чтобы синхродорожка была сдвинута относительно оси перфоленты вверх.

Выше было сказано, что для занесения океанографической информации на перфоленту используется любое имеющееся перфорирующее устройство. Наиболее распространены перфораторы типа:

а) СТА-2МФ (входит в комплект ЭВМ «Минск-22»);

б) РТА-50, Т-51, Т-56, Т-63, СТА-2М, имеющие одинаковую клавиатуру;

в) «Консул» (входит в комплект ЭВМ «Минск-32»).

Технические характеристики перфорирующих устройств и правила их эксплуатации (размещение и назначение тумблеров, порядок их включения и т. д.) приводятся в описаниях и инструкциях, прилагаемых к перфорирующим устройствам. Перечисленные выше типы перфораторов имеют и различия. Например, перфораторы РТА-50, Т-51, Т-56 и Т-63 являются телеграфными аппаратами (телетайпами), предназначенными для приема—передачи информации по проводным каналам связи. Они снабжены устройством контрольной печати на широкую телетайпную ленту. Размещение клавиатуры и система перфорации соответствуют международному телеграфному коду МТК-2. На перфораторах типа СТА-2МФ и СТА-2М для контрольной печати применяется узкая (телеграфная) бумажная лента. Перфораторы типа СТА-2МФ в отличие от телетайпов, имеют упрощенную клавиатуру для перфорации только в цифровом коде. На перфораторах типа «Консул» для контрольной печати применяется широкая бумажная лента

(как на телетайпах). Клавиатура перфоратора типа «Консул» приспособлена для перфорации в цифровом коде.

На судах, оборудованных ЭВМ. Результаты глубоководных наблюдений и необходимая справочная информация заносятся на пятипозиционную 17,5 мм бумажную перфоленту в любом из двух кодов (МТК-2 или в цифровом). Для занесения информации на перфоленту используется любое имеющееся на судне перфорирующее устройство.

25.3. Схемы и описание макетов (кодов) для переноса на перфоленту глубоководной информации

На судах без ЭВМ и в гидрометфондах морских УГМС. В основу технологии сбора, контроля и первичной обработки на ЭВМ батометрической информации [23, 181] заложен принцип последовательного переноса на перфоленту из отчетных таблиц любых форм, заполненных вручную обработанными данными, всей глубоководной информации рейса (рейдового выезда) с признаками параметрами и метеоэлементами. Машинное раскодирование и приведение к типовому виду отперфорированных данных производится затем с помощью трехзначных шифров параметров, которые при подготовке листовой информации к перфорации предварительно записываются в специальный кодовый бланк рейса и далее переносятся из него в начало перфоленты с информацией рейса. Таблица шифров параметров — это перечень всех океанографических и гидрохимических параметров, включая и параметры загрязнения; она приводится в [23]. Там же помещены и образец кодового бланка, и правила его заполнения.

В кодовый бланк данного рейса выписываются трехзначные шифры всех параметров для первой по порядку океанографической станции в той же последовательности, в какой эти параметры записаны в литературном источнике (таблице ТГМ-3М или др.). Для последующих станций этого рейса нет необходимости полностью выписывать в кодовый бланк все шифры, так как перечень параметров от станции к станции в рейсе, как правило, не меняется. Здесь достаточно использовать (вписывать в кодовый бланк) шифр «998» (повторительный шифр между станциями). Более того, используется свой повторительный шифр и между горизонтами наблюдения на станции, так как набор параметров на данной станции от горизонта к горизонту, как правило, не меняется. Все это позволяет свести объем информации кодового бланка к 5—10% от объема информации рейса.

Подготовка информации к перфорации осуществляется специалистом на судне (в гидрометфонде УГМС) при наличии следующих документов:

— таблиц с глубоководными (рейдовыми) данными рейса;
— таблицы «шифры параметров»;
— чистых листов кодового бланка.

У специалиста должно быть ясное и полное представление о программе экспедиционных работ в данном рейсе, наборе наблюдаемых на станции параметров, способе и точности их определения, об единицах измерения, размерностях, кодах, условных значках и символах, о полных и сокращенных заголовках в таблицах, о порядке нумерации океанографических станций и т. д. После просмотра всех страниц табличного материала данного рейса следует решить вопрос о целесообразности переноса этой информации на перфоленту. Основанием для бракования той или иной океанографической станции (или данных всего рейса) может служить:

— крайне небрежное оформление табличного материала, затрудняющее чтение числовой информации при перфорации;

— отсутствие в таблицах основных призначных параметров океанографических станций (координат, времени);

— отсутствие сведений о кодах, единицах измерений, о значении условных обозначений наблюденных в рейсе параметров и т. д.

Если табличный материал хорошего качества, специалист определяет оптимальный вариант заполнения кодового бланка для данного рейса. Цель этого этапа подготовки заключается в том, чтобы свести к минимуму объем справочной информации (количество трехзначных шифров), заносимой в кодовый бланк. Затем специалист заполняет шапку кодового бланка и там же пишет краткую инструкцию-памятку оператору, который будет переносить с помощью телетайпа информацию из этого кодового бланка и заполненных таблиц на перфоленту.

После некоторой редакторской обработки данных, находящихся в строках и колонках таблиц, по правилам, описанным в [23], специалист продолжает заполнение кодового бланка (вписывает в него трехзначные шифры для первой по порядку океанографической станции рейса и повторительные шифры «998» для последующих станций).

Заполненный кодовый бланк и табличный материал рейса передается оператору, который и переносит эту информацию из кодового бланка и таблиц на перфоленту по правилам, описанным в [23].

Преимуществом данного способа переноса информации из таблиц на промежуточный технический носитель (перфоленту) является то, что этот способ не ориентирован ни на один из жестких макетов перфорации (ср. с занесением информации на перфокарты макетов № 46 и № 6 [60, 98]).

Далее описываются макеты перфорации данных наблюдений над течениями и температурой воды на автономных буйковых станциях.[1]

Перфорация данных наблюдений над течениями одного горизонта производится двумя отдельными массивами. Первый массив

[1] Эти же макеты перфорации для БПВ и ФТГ данных используются и на судах, оборудованных ЭВМ.

содержит общие (призначные) сведения о станции (всего 15 чисел); второй массив содержит данные о направлениях и скоростях течения на данном горизонте буйковой станции. Перфорация отпечатка (направления и скорости течения) осуществляется в виде одного числа, состоящего из шести цифр. Первые три цифры — направление течения в градусах, последние три цифры — скорость течения в см/с. Например, если направление течения равно 214°, а скорость — 12 см/с, то в этом случае перфорируется число 214012. Если впереди числа стоят нули, то их можно не перфорировать. Например: направление течения равно 45°, скорость 23 см/с. Можно перфорировать число 45023. В этом массиве максимальное число шестизначных групп не может превышать 2900. Если отпечаток неясный, то перфорируется число 999999.

Результаты наблюдений над температурой на буйковой станции (данные ФТГ) перфорируются для каждого горизонта наблюдения в виде четырех массивов:

— инструментальные поправки левого термометра (массив № 1);

— инструментальные поправки правого термометра (массив № 2);

— сведения об автономной буйковой станции (массив № 3);

— отсчеты термометров (массив № 4).

В последнем массиве перфорируются отсчеты термометров фототермографа. Каждое число в массиве состоит из девяти цифр. Первые 4 цифры — отсчет левого термометра (целые градусы, десятые и сотые доли градуса); пятая цифра — знак отсчета правого термометра (если +, то перфорируется цифра 0, если —, то перфорируется цифра 1); последние 4 цифры — отсчет правого термометра.

Знак, стоящий перед девятизначным числом, указывает на знак отсчета левого термометра (знак + можно не перфорировать). Также можно не перфорировать нули, если они стоят в начале девятизначного числа. Например, число —100003 на перфоленте означает, что показание левого термометра равно —0°, 01, а показание правого термометра — +0°, 03. Если отсутствует показание какого-либо термометра (например, температура воды выходит за шкалу левого или правого термометра), то вместо него перфорируется число 9999. Если отсутствуют показания обоих термометров (неясный или засвеченный кадр), то перфорируется число 999909999. Максимальное число девятизначных групп в этом массиве — 2900.

На судах, оборудованных ЭВМ. Здесь перфорации подлежат не вручную обработанные в рейсе данные батометрических серий, отсчеты океанографических и гидрохимических параметров, которые затем обрабатываются постанционно на судовой ЭВМ (выбор и введение поправок из сертификатов, проверка, вычисление термометрических глубин, приведение горизонтов и т. д.). Поэтому в начале рейса или на берегу специалистом осуществляется подготовка к перфорации и затем сама перфорация справочных

данных из сертификатов глубоководных термометров и термоглубомеров, из гидрохимических сертификатов, также перфорируются и некоторые другие справочные данные. Все справочные данные рейса представлены на перфоленте в виде $N+13$ массивов (при полном объеме гидрохимических наблюдений), где N — число глубоководных термометров и термоглубомеров, используемых в рейсе (не более 99 глубоководных термометров и 47 термоглубомеров). Ниже приводятся названия всех массивов со справочной информацией рейса:

— массивы глубоководных термометров и термоглубомеров (N массивов);

— массив «признак конца информации»[1];

— массивы стандартных горизонтов, наименования учреждения и судна, адресов для подачи оперативной телеграммы (4 массива)

— массивы с поправками на калибрацию бюреток (5 массивов);

— массив реперных точек бюреток;

— массив объемов кислородных склянок;

— массив реперных отсчетов лимба солемера.

Следует отметить, что если в рейсе не производятся те или иные гидрохимические наблюдения, то и в справочной информации сведения о них не помещаются. Например, если в рейсе не используется электросолемер, то массив реперных отсчетов лимба солемера не нужно и перфорировать. Более подробные сведения о перфорации справочной информации и макетах можно почерпнуть в [23].

После занесения всей справочной информации на перфоленту и ее проверки последняя вводится с перфолент в ЭВМ и затем хранится на магнитной ленте в течение всего рейса. По мере надобности справочная информация считывается с магнитной ленты в оперативную память и используется при обработке информации каждой гидрологической серии.

Сразу после выполнения гидрологической серии, снятия всех отсчетов, набора проб, их гидрохимического анализа, записи полученных результатов в книжки КГМ (6,9 и т. д.) и их просмотра производится занесение данных на перфоленту. При полном объеме наблюдений информация гидрологической серии располагается на перфоленте в виде 16 массивов (рис. 25.3). Если каких-либо наблюдений на данной станции не было, соответствующий массив не перфорируется (опускается).

В массиве № 1 помещаются метеорологическая информация, общие (призначные) сведения о станции и сведения о состоянии моря. Собственно океанографическая информация перфорируется четырьмя массивами (массивы № 2, 3, 4 и 5). Количество массивов с гидрохимической информацией переменное. При полном

[1] Этот массив состоит всего из одного числа и нескольких служебных символов; он относится исключительно к массивам с сертификатами термометров и термоглубомеров.

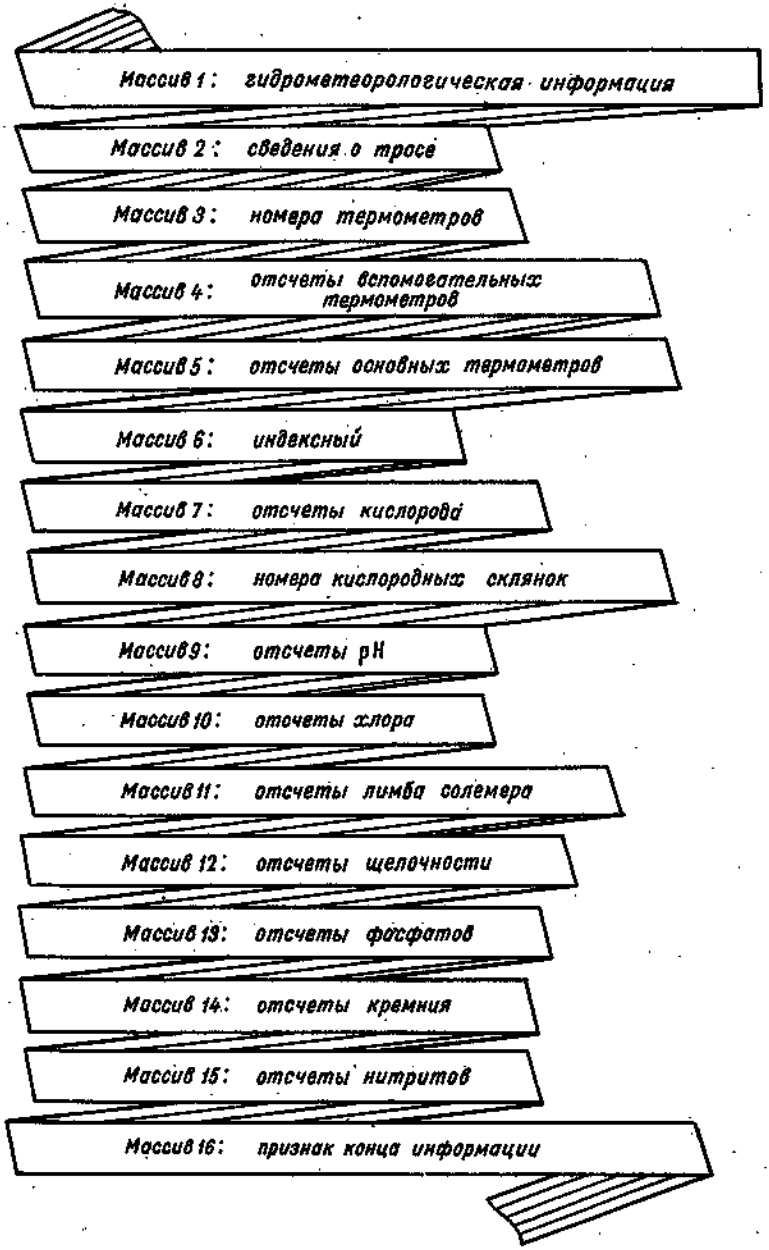


Рис. 25.3. Схема расположения на перфоленте океанографической и гидрохимической информации одной станции.

объеме работ на данной станции гидрохимическая информация располагается в девяти или в десяти массивах (в зависимости от способа определения солености). Для индикации видов выполненных гидрохимических наблюдений перфорируется индексный массив (массив № 6), являющийся первым в гидрохимической части информации. Перфорация этого массива и массива № 10 (или № 10 и № 11) обязательна. Остальные массивы перфорируются только в том случае, если на станции проводились соответствующие наблюдения. Порядок размещения массивов на перфоленте строго установлен, т. е. массив с бо́льшим порядковым номером не может перфорироваться раньше массива с меньшим порядковым номером. Более подробные сведения о перфорации данных каждой гидрологической серии и макетах приводятся в [23].

25.4. Контроль занесения информации на перфоленты и исправление ошибок

Перфорацию данных на телетайпе рекомендуется производить в равномерно-умеренном темпе, чтобы избежать расхождений между пробивками на перфоленте и символами на широкой телетайпной ленте. Перед началом работы на телетайпе необходимо строго соблюдать правила включения перфорирующего и печатающего устройств. При работе на телетайпе регулярно (через каждые 2—3 ч работы) проверяется соответствие между пробивками на перфоленте и символами на широкой телетайпной ленте. Для этого перед началом работы (очередного этапа перфорации) рекомендуется на отдельном куске перфоленты пробить все символы клавиатуры телетайпа как в буквенном, так и в цифровом регистрах. Затем следует сличить пробивки на перфоленте (код МТК-2) с символами на широкой телетайпной ленте. При отсутствии расхождений между ними можно приступать к работе (к очередному этапу перфорации).

Основное требование при всякого рода исправлениях ошибок перфорации сводится к тому, чтобы содержимое перфоленты с информацией было идентично содержимому широкой телетайпной ленты, т. е. все исправления в перфоленте должны найти свое отражение на широкой телетайпной ленте.

Для исправления ошибок, замеченных оператором в процессе переноса на перфоленту глубоководной информации на судах без ЭВМ (в гидрометфондах морских УГМС), могут использоваться три символа: «?», «Ш» и «Э», которые перфорируются в цифровом регистре. Символ «?» используется для оперативного исправления ошибок перфорации внутри группы (числа, слова). Если был неправильно отперфорирован предыдущий или находящийся в середине группы символ, но символ «точка» в конце этой групы еще не был отперфорирован, то после неправильно отперфорированного символа или группы (если ошибочно набитый символ оказался внутри группы) следует набить символ «?» и сразу отперфорировать

аново всю группу[1]. Этот способ исправления может быть назван способом исправления ошибок внутри группы (числа, слова)».

Пример. При перфорации группы 7685 вместо цифры «6» была набита цифра 4». В этом случае сразу или после цифры «5» следует набить символ «?» и заново отперфорировать всю группу с символом «точка» на конце. Тогда на ирокой телетайпной ленте исправление будет выглядеть так: 7485? 7685.

Если при обнаружении ошибки символ «?» для ее исправления же не может быть использован (когда после неправильно отперорированного символа или группы с ошибочным символом внутри же набит символ «точка»), то следует отперфорировать символ Ш» и заново все символы и числа, находящиеся на широкой теейтапной ленте в данной строке. В этом случае программа при аскодировании информации «сотрет» из памяти ЭВМ все числа символы от ближайшей к символу «Ш» комбинации из символов перевод строки» и «возврат каретки» (или «возврат каретки» и перевод строки») до символа «Ш» и продолжит раскодирование числа или символа, идущего на перфоленте сразу за символом Ш». Следовательно, за символом «Ш» на перфоленте должны дти числа, соответствующие числам в начале строки на широкой елетайпной ленте. Этот способ может быть назван «способом справления ошибок внутри строки».

Третий способ исправления ошибок используется оператором случае обнаружения ошибок в середине массива станции при личении таблицы с содержимым широкой телетайпной ленты (с соержимым массива), когда признак конца массива еще не отперорирован. В этом случае следует в конце массива отперфорироать символ «Э». Затем заново, без ошибок отперфорировать инормацию этого массива.

Этот же способ исправления используется и в том случае, когда шибки обнаружены оператором при перфорации в начале или середине массива, но первые два способа исправления уже не рименимы, т. е. ошибки обнаружены на широкой телетайпной енте в предыдущих строках. В последнем случае не нужно на ерфоленту переносить из таблицы информацию всей станции. Iассив «закрывается» с помощью символа «Э». Этот способ исравления может быть назван «способом исправления ошибок нутри массива».

Примечания: 1. При перфорации символа «точка» после числовых и квенно-цифровых групп необходимо внимательно следить за тем, чтобы по шибке не набивать этот символ дважды подряд (или более), так как в этом учае при раскодировании информации в ЭВМ произойдет сдвиг параметров. сли же такая ошибка произошла, то ее необходимо исправить путем использования символа «Ш». К таким же серьезным искажениям всей информации массиве приводит и пропуск символа «точка» при перфорации.

---

[1] При машинной обработке символ «?» «сотрет» из памяти ЭВМ все предыдущие символы до ближайшего символа «точка» и на их место поставит те симолы, которые были отперфорированы вслед за символом «?». При этом наличие ких символов как «пробел», «перевод строки» и «возврат каретки» между правляемым символом (или группой) и символом «?» никакой роли не играет.

2. Ошибка, заключающаяся в лишней пробивке символа «запятая» внутр числовой группы (если символ «точка» после нее еще не отперфорирован), испра вляется с помощью символа «?». Если символ «точка» уже набит, то с помощью символа «Ш».

3. Не считается ошибкой перфорация подряд несколько раз служебных сим волов: «пробел», «перевод строки», «возврат каретки», «лат.» или «рус.». Таки служебные символы, как «перевод строки» и «возврат каретки», при перфораци глубоководной информации могут быть использованы в *любом* месте, даже в се редине числовой или буквенно-цифровой группы, если эта группа не помещается в строке на широкой телетайпной ленте.

Исправление ошибок, допущенных при перфорации БПВ и ФТ данных, имеет свои особенности, на которые ниже и будет обра щено внимание. Здесь из трех перечисленных выше способов ис правления используется только «способ исправления ошибо внутри группы (числа)».

Для исправления всех остальных ошибок необходимо занов перфорировать на отдельном куске перфоленты информацию всег массива или его части[1]. Этот кусок вклеивается в перфолент на место неверно отперфорированного массива или его части Естественно, такие же исправления (наклейки) должны быт сделаны и в соответствующем месте широкой телетайпно ленты.

После переноса на перфоленту данных гидрологических стан ций, БПВ и ФТГ данных необходимо проконтролировать качеств информации на перфоленте. К качеству информации должны быт предъявлены очень высокие требования, так как эта информаци во ВНИИГМИ-МЦД, после ее обработки, будет перенесена с пер фоленты на долговременный технический носитель — микрофильм Эти данные затем будут использоваться неоднократно при реше нии на ЭВМ практических и научных задач, для удовлетворени многообразных запросов потребителей, для машинного составле ния атласов и других режимных обобщений по морям и океанам Поэтому предлагается контроль перфоматериалов в рейсе осуще ствлять в два этапа:

— проверка соответствия содержимого перфоленты тексту н широкой телетайпной ленте;

— считывание текста широкой телетайпной ленты с данным в таблицах (книжках), прошедших технический контроль.

Первый этап контроля. Один из техников «читает» пробивки н перфоленте, переводя их по коду МТК-2 в буквенные, цифровы и служебные символы (см. рис. 25.2). Второй техник в это врем проверяет соответствие содержимого широкой телетайпной лент тому, что «читает» первый техник.

Если неисправно печатающее устройство телетайпа, возможн искажения в отдельных группах на широкой телетайпной лент а на перфоленте символы будут отперфорированы правильн В этом случае чернилами нужно исправить искажения на шир

[1] В [23] дается рекомендация при перфорации отсчетов БПВ и ФТГ внутр массива на перфоленте пропускать участки с перфодорожкой длиной 4—5 с Это делается исключительно для удобства исправления ошибок перфорации.

кой телетайпной ленте, а на перфоленте никаких исправлений делать не следует.

Если неисправно перфорирующее устройство телетайпа, возможны искажения символов, пропуски символов и появление лишних символов на перфоленте, а на широкой телетайпной ленте этих искажений может и не быть. В этом случае необходимо подчеркнуть весь текст на широкой телетайпной ленте, содержащий ошибки на перфоленте. Подчеркнутый текст должен быть заново отперфорирован по правилам, изложенным выше.

Этот этап контроля может на первых порах показаться хотя и эффективным, но трудоемким. Тем не менее, он должен настойчиво внедряться на экспедиционных судах без ЭВМ, оборудованных телетайпами, и в гидрометфондах морских УГМС.

Второй этап контроля. При обнаружении ошибок (искажений) в текст на широкой телетайпной ленте вносятся чернилами исправления. После этого необходимо подчеркнуть весь текст на широкой телетайпной ленте, на который повлияли эти искажения. Подчеркнутый и исправленный текст должен быть заново отперфорирован по правилам, изложенным выше.

На судах, оборудованных ЭВМ, также следует проводить визуальный контроль качества перфорации. И здесь, если ошибка в числе обнаружена еще до того, как отперфорирован символ «точка» — признак конца числа, она может быть исправлена символом «?» и повторением числа заново (при перфорации в коде МТК-2). При перфорации в цифровом коде в этом случае необходимо отперфорировать тут же, вслед за ошибочным числом, 8—9 нулей и затем повторить число заново.

Если символ «точка» уже отперфорирован или если ошибка в информации на перфоленте обнаружена при последующем промотре контрольной печати (широкой или узкой бумажной ленты), следует на отдельном куске перфоленты заново отперфорировать весь массив, в котором обнаружена ошибка. Макет перфорации на судах, оборудованных ЭВМ, составлен таким образом, что максимальная длина массива или его части составляет 78 чисел (1,5—2 мин работы при повторной перфорации). Заново отперфорированный массив вклеивается в перфоленту на место неверно отперфорированного массива.

25.5. Правила комплектования перфоматериалов, их индексирования, упаковки, хранения в рейсе и пересылки во ВНИИГМИ-МЦД

Все перфоматериалы (бобины перфолент и широкие телетайпные ленты), предназначенные для пересылки во ВНИИГМИ-МЦД, комплектуются и индексируются (надписываются) по следующим правилам.

Последовательность размещения информации на перфоленте и на широкой телетайпной ленте должна быть одинаковой (синхронной). В начале и в конце бобин перфолент и на широких

лентах делаются надписи чернилами: *Рейс № ..., НИС (э/с) ... организация ...*. Кроме этого указывается вид информации, числ массивов в бобине, период наблюдения. Если бобина состоит и нескольких массивов, то в начале и в конце каждого массива на соответствующих им широких телетайпных лентах делаются надписи с указанием вида информации. На широкой телетайпно ленте, кроме указанных выше надписей, делаются также пометк при считывании текста широкой ленты с содержимым перфолент и с таблицами. Исправленная информация должна быть снабжен надписью «исправленная». Исправления и все другие пометки н широкой телетайпной ленте делаются чернилами. В конце каждог куска широкой ленты делаются следующие надписи: отперфориро вано (число и подпись); считано с перфолентой (число и подписи) считано с таблицами (число и подписи); исправления отперфори рованы (число и подпись); исправления считаны с перфолент (число и подписи); перфоленту принял (число и подпись).

Затем перфолента с информацией наматывается на кольцо (ме таллическое, пластмассовое или картонное) диаметром 5—6 см При этом должно соблюдаться следующее правило: если перфо ленту держать узкой стороной к себе, то, закрепив конец перфо ленты на кольце, следует вращать его по часовой стрелке, пок вся перфолента не окажется на кольце. Бобина не должна быт очень плотной, а ее диаметр не должен превышать 25 см.

Сведения о всех материалах, полученных в рейсе, включаютс в опись перфоматериалов. После возвращения судна в порт перфо материалы и опись сдаются в соответствующий отдел учреждения владельца судна и затем, с соблюдением определенных правил высылаются по почте во ВНИИГМИ-МЦД. До отправки перфома териалам на судне и на берегу должно быть обеспечено надежно и оптимальное, в смысле температуры и влажности воздуха, хра нение в специальном помещении. Заправленную в телетайп перфо ленту необходимо на судне беречь от грязи, пыли и механически повреждений.

Для лучшей сохранности бобин с информацией в период рейс и при их пересылке следует каждую бобину запаковать в картон ный пакет размером, близким к диаметру бобин. На пакете дела ются те же надписи, что и на перфоленте в начале бобины.

Все, изложенное выше, относится и к перфоматериалам, изго тавливаемым в гидрометфондах морских УГМС.

На судах, оборудованных ЭВМ, в конце рейса изготавливаютс накопительные магнитные ленты с информацией рейса, предназна ченные для передачи впоследствии во ВНИИГМИ-МЦД. Эти М. также должны индексироваться и включаться в опись материало изготовленных в рейсе. Магнитные ленты с информацией должн на судне храниться в соответствующих оптимальных условиях.

Ниже приводятся некоторые рекомендации по хранению пе фолент и магнитных лент с информацией на судах в рейсе [18 Под режимом хранения носителей информации понимается ко плекс мероприятий по созданию и поддержанию таких услови

хранения, при которых носители сохраняются длительное время. На носители информации оказывают неблагоприятное влияние низкая и высокая температура, пониженная и повышенная относительная влажность воздуха, химические примеси и пыль в воздухе, солнечный свет, биологические вредители.

Бумага чрезвычайно легко реагирует на изменения температуры и влажности окружающего воздуха. Резкие колебания температуры, слишком высокая или низкая температура вызывают деформацию, ломкость и хрупкость бумажных материалов. При повышении температуры скорость химических реакций в бумаге увеличивается, что вызывает ускорение старения бумаги. Повышение температуры на 10°С вызывает увеличение скорости реакций примерно в 2—4 раза. Температуру и влажность воздуха в хранилищах перфолент необходимо поддерживать в определенных пределах также с целью устранения возможности развития плесневых грибков и бактерий. Установлено, что при абсолютной влажности воздуха менее 9,4 г на 1 кг сухого воздуха рост плесневых грибков практически прекращается. Оптимальными условиями для хранения перфолент следует считать: температуру не выше 20°С и относительную влажность воздуха 50—60%.

Содержащиеся в воздухе химические примеси, особенно озон и сернистый ангидрид, оказывают вредное влияние на бумагу. Бумага, подвергнутая действию озона и сернистого ангидрида в течение длительного периода, изменяет цвет и делается хрупкой. После длительного воздействия света бумага также теряет свою механическую прочность. Защиту от прямых солнечных лучей обеспечивают размещением материалов в помещениях без окон; закрашиванием стекол белой краской, заменой обычных стекол рассеивающими и фильтрующими солнечные лучи стеклами, навешиванием на окна металлизированных штор, отражающих световые лучи. В осветительных устройствах применяют матовые плафоны.

В помещении концентрация пыли в воздухе не должна превышать 2 мг/м³. Носители информации размещаются на стеллажах или в шкафах-картотеках.

Информация на магнитном носителе может быть испорчена по многим причинам: в результате воздействия высоких или низких температур, повышенной или пониженной влажности, пыли и грязи, механических повреждений магнитного носителя, вследствие воздействия сильных переменных магнитных полей и др. При воздействии окружающей среды из-за различных коэффициентов деформации материала и магнитного покрытия возникает коробление магнитной ленты.

Важное значение в обеспечении сохранности магнитных лент имеет температурно-влажностный режим. В помещениях, предназначенных для хранения магнитной ленты, должны поддерживаться постоянные температура и относительная влажность воздуха. Оптимальная температура воздуха в хранилищах магнитных лент с учетом обеспечения комфортных условий для работы обслуживающего

персонала равна 20±2°С. Оптимальной относительной влажностью воздушной среды следует считать 45—55%, допустимой — 40—65%.

Высокая влажность и повышенная температура вызывают слипание витков и механическую деформацию ленты в виде складок и волнистости, а также прогиба и перекашивания рулона.

Хранилище магнитных лент следует защищать от проникновения пыли. Воздух, подаваемый в хранилище для вентиляции, необходимо очищать от пыли при помощи фильтров. Катушки с лентой, как правило, должны храниться в пыленепроницаемых коробках.

При длительном хранении магнитной ленты в рулоне возникает явление копир-эффекта, т. е. «пропечатывание» записи на соседних витках ленты, намотанной в рулон. Появлению копир-эффекта способствует воздействие на ленту внешнего переменного магнитного поля, причем может происходить процесс перезаписи информации на прилегающие витки ленты с дополнительным перемагничивающим полем. Таким образом, борьба с явлением копир-эффекта заключается в ограничении интенсивности намагничивания ленты при записи импульсов и предохранении ее от воздействия переменных магнитных полей при хранении.

Места хранения магнитных лент на судне должны быть удалены от электроподстанций, сильноточных сооружений, мощных трансформаторов, двигателей и других возбудителей электромагнитных волн и напряжений, отрицательно действующих на магнитную запись.

В случае, если информация, хранимая на магнитной ленте, представляет большую ценность, ленту содержат в специально сконструированных металлических сейфах с теплоизолирующей оболочкой. В обычных сейфах магнитная лента во время пожара в помещении сгорает.

Перед укладкой катушки с лентой на хранение необходимо выполнить ряд вспомогательных операций: очистить ленту от пыли и грязи вакуумными очистителями. При намотке необходимо следить за качеством намотки ленты на катушку.

25.6. Перечень услуг, оказываемых ВНИИГМИ-МЦД

ВНИИГМИ-МЦД принимает заказы от потребителей на выполнение разного рода работ, связанных с копированием исходных данных, находящихся в листовом архиве, на выполнение различных машинных расчетов (климатологическая обработка глубоководных данных, статистическая обработка рядов, получение расчетных данных по программам «Океан» [148, 149, 150] и др.), а также принимает заявки на составление тех или иных программ обработки океанографической информации. Здесь издаются каталоги наличия и поступлений в архив океанографических данных.

Ниже перечисляются материалы, которые могут быть получены на ЭВМ с помощью алфавитно-цифрового печатающего устройства (АЦПУ) и других устройств, входящих в комплект ЭВМ, по дан

ым океанографических станций, занесенных на перфоленту (МЛ) о технологии, описанной выше:

— таблицы по макету таблицы ТГМ-3М;

— таблицы с данными океанографических станций для международного обмена;

— магнитная лента с океанографическими станциями рейса ля международного и внутрисоюзного обмена данными;

— таблицы с расчетными океанографическими величинами на анциях («Океан-4»);

— таблицы вертикальной устойчивости водных слоев в море по схеме Хессельберга-Свердрупа);

— таблицы с параметрами осенне-зимней конвекции (по схеме убова);

— ведомость результатов обработки (за рейс).

С помощью АЦПУ на печать для каждой океанографической анции выдаются графики[1]: $t=t(H)$; $S=S(H)$; $\sigma_t=\sigma_t(H)$; —$O_2=O_2(H)$ и других гидрохимических величин; tS-кривая.

С помощью устройства вывода информации на 80-колонные рфокарты по данным каждой океанографической станции можно олучать перфокарты с поверхностной метеорологической, глубоводной океанографической и гидрохимической информацией.

БПВ и ФТГ данные каждого горизонта наблюдения на буйкоых станциях обрабатываются с помощью программы корреляцинного и спектрального анализа, результаты счета выдаются на печать, одновременно через АЦПУ выдается заполненная таблица исходными данными.

Архивы, накопленные на технических носителях и хранящиеся центральном гидрометфонде ГУГМС (ВНИИГМИ-МЦД), используются для получения машинным способом таблиц морских Ежесячников и Ежегодников по бассейнам, климатологических атасов.

Во ВНИИГМИ-МЦД могут формироваться магнитные ленты глубоководной информацией, накопленной по тому или иному айону Мирового океана за исторический период, и передаваться а суда, оборудованные ЭВМ. Эти магнитотеки послужат основой информационной базой) для создания судовых информационнооисковых систем.

Глава 26. ОБРАБОТКА НАБЛЮДЕНИЙ БЕЗ ПРИМЕНЕНИЯ ЭВМ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ СТАНДАРТНЫХ ТАБЛИЦ

26.1. Составление таблицы глубоководных гидрологических и гидрохимических наблюдений ТГМ-3М

Таблица предназначена для записи окончательно принятых результатов гидрологических и гидрохимических наблюдений на

[1] Эти же графики в ближайшее время будут получаться и на графопостроителях, работающих как в комплекте с ЭВМ, так и автономно.

океанографических станциях, а также для осуществления с нее н бивки перфолент и перфокарт для последующей машинной обр ботки. Таблица рассчитана для записи результатов наблюден одной экспедиции (одного разреза, многочасовой станции и т. д.) В мелководных морях в таблице ТГМ-3М допускается запись н скольких станций на одной странице, при дополнительной запи от руки координат, года, месяца, числа и других сведений.

Каждый бланк таблицы состоит из основной таблицы и допо нительных листов (вкладышей). Таблица приспособлена для пе форации результатов наблюдений по 46-му макету 80-колонн перфокарты. Эта таблица является основной формой систематиз ции материалов наблюдений на океанографических станциях служит источником для создания механизированного фонда п мяти глубоководных гидрологических и гидрохимических набл дений на технических носителях. Перфорируются наблюдения н посредственно с таблицы, согласно инструкции [23, 60]. Дл облегчения перфорации в таблице введены графы с указанием н меров колонок макета перфокарты, что уменьшает возможнос ошибок при перенесении данных с таблицы на перфокарты. Пер несение данных на перфоленту осуществляется по правилам, изл женным в [23], раздел 1а. Таблицу ТГМ-3М заполняют на эксп диционных судах обработанными данными, взятыми из наблюд тельских книжек и журналов. Образец заполнения таблиц приведен в приложении 7.

Правила заполнения таблицы

1. Таблица заполняется черной тушью или черными чернилам

2. В таблице каждая океанографическая станция начинает с номера, координат местоположения и времени начала и кон станции.

Если данные наблюдений станции не помещаются в таблице одной стороне бланка, то ими заполняется обратная сторона.

В таких случаях пишется: в конце страницы «см. продолжение а на обратной стороне в верхнем правом углу — «продолжение

3. Данные наблюдений на каждом горизонте заносятся п строчно в соответствующие графы.

4. При пропуске наблюдений над каким-либо элементом на о дельных горизонтах в соответствующей строке ставится прочер При отсутствии наблюдений за каким-либо элементом на всех г ризонтах станции прочерк не ставится.

5. Интерполированные на стандартные горизонты данные отм чаются тем, что в скобки заключается горизонт наблюдений.

6. Если путем интерполяции получен лишь какой-либо од элемент, то он ставится в скобки, а скобки у горизонта не ставятс При интерполяции отдельных элементов горизонт перфорирует наблюденный.

---

[1] Предполагается, что экспедиция работает в районе одного квадранта зе ного шара, при работах в нескольких квадрантах (случай редкий) для станци расположенных в каждом квадранте, заполняют отдельный бланк.

Заполнение шапки таблицы

1. Учреждение — записывают название учреждения, проводя-
щего данную экспедицию и его ведомственную принадлежность.
Если их несколько, записывают одно — ведущее.

2. Экспедиция — записывают название экспедиции. Если экспе-
диция содержит несколько рейсов, то указывают номер рейса.

3. Название судна — записывают название судна, с которого
производили наблюдения на станциях данной экспедиции.

4. Океан, море — записывают название океана или моря, в ко-
ором расположена данная станция, разрез, полигон.

5. Станция № — записывают номер станции в данной экспе-
диции.

6. Время наблюдений — записывают гринвичское время (ч,
мин) опускания посыльного грузика четырьмя цифрами.

7. Шифр судна (3—5)[1] — трехзначным числом записывается
шифр данного судна, согласно приложению к инструкции по пер-
форации [60]. Номера шифров судам СССР, производящим экспе-
диционные исследования в морях и океанах, не содержащиеся в вы-
шеуказанной инструкции [60], присваиваются ЦОДом по представ-
лению учреждений — владельцев судов, исходя из следующего
порядка; судам, приписанным к портам следующих морей:

Море	Шифр (от — до)	Море	Шифр (от — до)
Арктические моря (Карское, Лаптевых, Восточно-Сибирское, Чукотское)	900—999	Азовское	1380—1399
Баренцево	1000—1099	Каспийское	1400—1479
Белое	1100—1199	Аральское	1480—1499
Балтийское	1200—1299	Японское	1500—1599
Черное	1300—1379	Охотское	1600—1699
		Берингово	1700—1799
		Мелкие суда (катера, фелюги, шлюпки и т. п.)	099

Запись четырехзначного шифра производится тремя последними
цифрами, например 1139 записывается как $\overset{\times}{1}39$ со значком × —
одиннадцатой надсечки над первой цифрой.

8. Квадрант (15) — записы-
вают шифр квадранта земного
шара, в котором расположена
станция.

Широта	Долгота	Шифр
Северная	Восточная	1
Северная	Западная	2
Южная	Восточная	3
Южная	Западная	4

9. Океан, море (55, 56) — за-
писывают название океана или
моря, в котором расположена
данная станция. Если наблюдения

[1] В скобках указаны номера и число колонок на перфокарте для фиксации данного элемента.

производятся в заливе или проливе, то рядом с названием мор записывают и название района моря, например Балтийско море, Финский залив. Рядом с названием записывают шифр мор (океана), в котором расположена данная станция согласно инс рукции по перфорации [60].

10. Станция — записывают номер станции в данной экспедиции

11. Координаты начала и конца станции (6—14) — записываю широту станции с точностью до 1 мин четырьмя цифрами с указа нием южная или северная. Отсутствующие значащие цифры (д сятки градусов и минут) заменяют нулями, например 07° 0 (вместо 7° 1′) с. ш., 17° 02′ (вместо 17° 2′) ю. ш., долготу запись вают с точностью до 1′ пятью цифрами с указанием восточная ил западная. Отсутствующие значащие цифры также заменяют н лями, например 006° 05′ (вместо 6° 5′) в. д. Если в книжке дл записи наблюдений приведены координаты станции только оди раз, то их следует поместить в графу «Координаты начала».

12. Год (16, 17) — записывают год, в который производились на блюдения.

13. Месяц (18, 19) — записывают двумя цифрами, наприме январь — 01, февраль — 02, ноябрь — 11.

14. Число (20, 21) — записывают двузначным числом, наприме 01, 0,2 ..., 11, ..., 29. Если наблюдения на станции захва тывают два числа, то записывают число начала работ на станци

15. Время начала и конца работ на станции (22, 23) — в эт графы двумя цифрами записывают в целых часах по Гринвич время начала (конца) океанографических наблюдений на станци Время 23 ч 31 мин записывают как 00 ч и считают началом сле дующих суток.

16. Глубина исправленная (24—26) — записывают с точности до 1 м. глубину места станции. При этом тысячи, сотни и десятк метров необходимо вписывать в очерченный квадрат. При отсу ствии какой-либо из этих цифр на ее место вписывают нуль. Пр глубинах 9 м и менее в очерченный квадрат вместо тысяч, соте и десятков записывают нули (000). При глубинах 10 000 м и боле над квадратом над тысячами ставят знак × (одиннадцатая над сечка), например глубины:

11 063, 10 000, 1250, 630, 25, 9, 5 м следует записывать так:

1 [×106] 3, 1 [×000] 0, [125] 0, [063] 0, [002] 5, [000] 9 и [000] 5 м

Заполнение раздела «Гидрометеорологические наблюдения»

В графы раздела «Гидрометеорологические наблюдения» запи сывают результаты наблюдений в следующем порядке:

1) ветер (втр): направление — градусы, скорость — м/с;

2) волнение (влн): тип; направление, градусы; высота вол h, м (средняя из пяти наиболее крупных волн); длина l, м; перио τ, с;

3) видимость (видим) по коду КН-09;

4) температура воздуха, °С;

5) влажность (влж): абсолютная (абс), мбар, относительная (отн), %;

6) атмосферное давление (двл), мбар;

7) облачность (обл): количество, баллы; формы — латинскими обозначениями по коду КН-09;

8) интенсивность солнечного сияния — цифрами кода, соответствующими условным символам:

1 — $\odot^{2}$ — солнце совершенно открыто, тени от предметов отчетливы,

2 — $\odot$ — солнце закрыто тонкими просвечивающими облаками, тени от предметов бледны и размыты,

3 — $\odot^{0}$ — солнце слабо просвечивает сквозь облака или туман в виде пятна, теней нет;

9) прозрачность (прз) морской воды (м);

10) цвет воды (цв) — записывают номер пробирки шкалы цветности воды. Если цвет воды одинаково подходит к двум смежным цветам шкалы или находится между ними, то ставят номера обеих пробирок, соединив знаком тире;

11) погода (WW) указывается шифром по коду;

12) данные по льду: форма льда указывается в цифрах кода, приведенного в табл. 4 «Временных методических указаний по машинной обработке и контролю данных гидрометеорологических наблюдений», вып. 9, ч. 3, раздел 1а; густота и количество льда, баллы; данные о кромке льда: направление, градусы; расстояние, км.

Порядок заполнения граф

1. Время наблюдений — записывают гринвичское время наблюдений на данном горизонте в часах и минутах. Если наблюдения проводились сериями батометров, то время наблюдений записывают только в строки, соответствующие верхнему и нижнему горизонтам данной серии. Через все остальные строки данной графы прочеркивается волнистая черта.

2. Горизонт (27—30) — записывают с точностью до 1 м горизонт, к которому относятся данные наблюдения. При отсутствии тысяч, сотен или десятков метров на их месте записывают нули. Например, горизонт 200 м записывают 0 200, 25 м — 00 25. При горизонтах наблюдений 10 000 м и более записывают все число, а над тысячами метров ставят значок «×» (одиннадцатая надсечка). Например, горизонт 10 441 записывают $\overset{\times}{10}$ 441, 11 028— $\overset{\times}{1}$ 028. Интерполированные стандартные горизонты заключают в скобки.

3. Температура (31—34) — записывают с точностью до 0,01° температуру воды четырьмя цифрами. При отсутствии десятков градусов или сотых долей градуса на их место записывают нули, например, 5,31° записывают 05,31; 11,3° — 11,30. При отрицательных

значениях температуры воды ставят значок «×» (одиннадцатая надсечка) над нулем, проставленным вместо отсутствующих десятков градусов. Например, температуру воды —1,8° записывают —$\overset{\times}{0}$1,80; —1,75°—$\overset{\times}{0}$1,75.

4. Электропроводность — записывается значение электропроводности с точностью до условной единицы.

5. Хлорность ‰ — записывают в промилле с точностью до 0,01‰ хлорности воды на данном горизонте.

6. Соленость ‰ (35—39) — записывают в промилле пятью цифрами с точностью до 0,001‰ солености воды на данном горизонте. Отсутствующие значащие цифры (десятки промилле и их тысячные доли) записывают нулями, например 7,33‰ записывают 07,330; 29,43‰ — 29,430.

7. Условная плотность σ_t (40—43) — записывают четырехзначным числом с точностью до 0,01. При отсутствии десятков на их месте записывают нуль. Например, условную плотность 8,96 записывают 08,96.

8. Условный удельный объем v_t — записывают четырехзначным числом с точностью до сотых.

9. Кислород O_2 (44—46) — записывают в двух графах; в первую графу (44—46) записывают содержание кислорода в мл/л трехзначным числом с точностью до 0,01 мл/л. При содержании кислорода 10,00 мл/л и более записывают единицы, десятые и сотые мл/л и над единицами ставят знак × (одиннадцатая надсечка), например 10,01 мл/л записывают $\overset{\times}{0}$,01 мл/л, 10,00 мл/л — $\overset{\times}{0}$,00 мл/л; во вторую графу записывают относительное содержание кислорода четырехзначным числом с точностью до десятых долей процента, отсутствующие значащие цифры (сотни и десятки процентов или десятые доли) записывают нулями.

10. Водородный показатель pH_B (47—49) — записывают трехзначным числом с точностью до 0,01 (по К. Буху) показатель концентрации водородных ионов.

11. Щелочность Alk (50—52) — записывают четырехзначным числом с точностью до тысячных долей $\frac{\text{мг-экв}}{\text{л}}$; на перфокарту переносятся лишь первые три цифры.

12. Фосфор $P—PO_4^{3-}$ (53—55) — записывают трехзначным числом данные о содержании минерального фосфора на данном горизонте с точностью до 0,1 мкг/л при содержании до 10 мкг/л и с точностью до 1 мкг/л, если содержание $\geqslant$10 мкг/л; недостающие сотни или десятки заполняются нулями. На перфокарту переносятся только первые три цифры.

13. Фосфор общий $P_{общ}$ (56—58) — записывают трехзначным числом. Недостающие десятки и сотни заполняют нулями.

14. Кремний $Si—SiO_3^{2-}$ (59—61) — записывают четырехзначным числом с точностью до 1 мкг/л. Недостающие цифры заполняются нулями. На перфокарту переносятся лишь первые три цифры.

15. Нитриты $N—NO_2^-$ (62—64) — записывают трехзначным числом с точностью до 0,1 мкг/л. Недостающие цифры заполняются нулями.

16. Нитраты $N—NO_3^-$ (65—68) — записывают четырехзначным числом. Недостающие цифры заполняются нулями.

17. Аммонийный азот $N—NH_4^+$ (69—71) — записывают трехзначным числом с точностью до десятых долей мкг/л.

18. Азот общий $N_{общ}$ — записывают трехзначным числом с точностью до целых единиц мкг/л.

Примечание к п. 13—18. При содержании элемента до 10 мкг/л точность до 0,1 мкг/л, при содержании $\geqslant$10 мкг/л точность до целых.

19. Хлорофилл — записываются значения в мкг/л.

20. Феофитин «А» — записывают значения в мкг/л.

21. Сероводород H_2S — записывают значения в мл/л.

В свободные графы (их может быть несколько) записывают содержание других гидрохимических элементов, а также радиоактивные элементы, исключая элементы загрязнения, для записи которых предназначен специальный лист таблицы ТГМ-3М. В верхней части листа повторяются сведения о месте, времени и глубине производства наблюдений.

В графах указывают:

1) время наблюдений (часы и минуты);
2) горизонт, м;
3) нефть и нефтепродукты в воде, мг/л;
4) нефть и нефтепродукты в грунтах, мг/100 г абсолютно сухого грунта;
5) фенол, мг/л;
6) детергенты анионоактивные, мг/л;
7) металлы и металлоиды, мкг/л:
   а) свинец, б) медь, в) ртуть, г) мышьяк и др.;
8) пестициды, мкг/л:
   а) хлорорганические:
      1) ДДТ — 4,4′ — дихлордифенилтрихлорметилметан,
      2) ДДЭ — дихлордифенилдихлорэтилен,
      3) γ — ГХЦГ и др.;
   б) фосфорорганические:
      1) метафос, 2) хлорофос, 3) фозалон и др.;
9) полихлорбифенилы, мкг/л.

Свободные графы в отдельных группах элементов загрязнения (металлы и металлоиды, пестициды) предназначены для занесения данных об элементах-загрязнителях, не указанных в таблице.

Перенесению на перфокарту данные элементов загрязнения не подлежат.

Таблица ТГМ-3М после критического просмотра и заполнения ее вычисленными и интерполированными элементами поступает на перфорацию.

Перфорации подлежат все элементы, отмеченные номерами колонок перфокарты.

С этой же таблицы осуществляют полную перфорацию всех содержащихся в ней данных на перфоленту для ввода в ЭВМ и перезаписи на магнитную ленту и долговременный технический носитель — микрофильм.

26.2. Составление таблицы «Результаты океанографических и гидрохимических наблюдений на многосуточных станциях»

Таблица результатов океанологических и гидрохимических наблюдений на многосуточных станциях (ТГМ-10М) предназначена для записи срочных океанографических и гидрохимических наблюдений за месяц на многосуточных станциях, выполняемых на судах погоды и на экспедиционных судах, длительно находящихся в одном квадрате океана, и для выведения суточных, декадных и месячных характеристик (табл. 26.1).

Таблица состоит из двух частей: основной таблицы, которую можно составлять вручную, и вкладыша, получаемого с использованием ЭВМ. Заполняется таблица для каждого горизонта отдельно.

Таблица рассчитана на месячный ряд наблюдений, но она составляется и в тех случаях, когда продолжительность многосуточной станции меньше месяца, но не менее 25 сут. В остальных случаях заполняется основная таблица, а вкладыш может не составляться.

Основная таблица содержит данные срочных наблюдений за температурой, соленостью и плотностью воды, кислородом и другими гидрохимическими элементами, а также средние суточные декадные и месячные значения этих элементов и их экстремальные значения. Во вкладыше приводятся некоторые рассчитанные статистические характеристики: среднее квадратическое отклонение коэффициенты асимметрии, эксцесса, вариации, их ошибки, повторяемость значений элементов по градациям и значения корреляционной и спектральной функции.

Источником для составления таблицы ТГМ-10М являются палубные книжки и книжки гидрохимических анализов, из которых обработанные значения температуры воды, солености, содержания кислорода и других элементов переносятся в таблицу и на перфоленту так же, как это делается при подготовке данных для механизированного получения таблицы ТГМ-3М (см. гл. 25 и [63]).

Исходные данные с перфоленты вводятся в ЭВМ и после первичной обработки (контроль, вычисление плотности и удельного объема, приведение к стандартным горизонтам и др.) запоминаются в памяти машины.

Таблица 26.1

Образец записи результатов океанографических и гидрохимических наблюдений на многосуточных станциях (ТГМ-10М)

(суда погоды и экспедиционные суда, длительно находящиеся в одном квадрате океана)

Экспедиция *ДВНИГМИ*. Название судна *«Волна»*. Океан (море) *Тихий*. Рейс *15*. Границы квадрата: *31° 20′* и *30° 20′ с. ш.*; *145° 00′* и *146° 00′ в. д.* Глубина места *5000 м*. Горизонт наблюдений *100 м*. Год *1969*, месяц *декабрь*.

Срочные наблюдения

Число	Срок наблюдений, ч	Температура воды, °С	Соленость, ‰	Условная плотность, σ_t	Кислород	
					мл/л	%
1	00	21,78	34,74	24,09	4,99	102,5
	06	21,51	34,72	24,14	4,72	96,5
	12	21,77	34,70	24,05	4,82	98,9
	18	21,77	34,70	24,05	4,82	98,9
2	00	21,76	34,69	24,05	4,98	102,3
	06	21,67	34,63	24,02	3,95	80,9
	12	20,20	34,70	24,49	4,68	93,4
	18	19,82	34,81	24,66	4,75	94,2
3	00	21,46	34,67	24,12	4,67	93,4
	06	21,56	34,65	24,08	4,80	94,9
	12	21,60	34,65	24,06	4,76	97,3
	18	21,60	34,70	24,10	4,96	101,4
4	00	21,58	34,65	24,09	5,00	102,2
	06	21,58	34,74	24,14	4,85	99,2
	12	21,47	34,65	24,10	4,84	98,8
	18	21,57	34,72	24,12	5,02	102,7
5	00	21,17	34,70	24,22	5,04	102,4
	06	21,28	34,78	24,28	4,81	98,0
	12	20,55	34,76	24,45	4,84	97,4
	18	21,06	34,81	24,34	4,93	100,0
6	00	21,17	34,74	24,37	5,16	104,9
	06	20,86	34,74	24,35	4,56	92,1
	12	20,82	34,76	24,36	4,55	91,9
	18	20,83	34,79	24,40	5,07	101,4
7	00	20,96	34,72	24,31	4,93	99,8
	06	21,05	34,72	24,29	4,63	93,9
	12	20,72	34,72	24,36	4,45	89,7
	18	20,91	34,76	24,33	4,84	97,8
8	00	20,25	34,76	24,50	4,94	98,8
	06	20,26	34,76	24,50	4,66	93,2
	12	20,25	34,76	24,50	4,83	96,6
	18	20,76	34,72	24,35	4,96	100,0

Число	Срок наблюдений, ч	Температура воды, °С	Соленость, ‰	Условная плотность, σ_t	Кислород	
					мл/л	%
9	00	20,42	34,74	24,45	4,82	96,6
	06	20,27	34,76	24,50	4,72	94,4
	12	20,62	34,75	24,52	4,94	98,4
	18	20,32	34,76	24,52	4,72	94,4
10	00	21,48	34,70	24,13	4,86	99,4
	06	21,46	34,72	24,16	4,77	97,3
	12	21,47	34,72	24,16	4,41	90,0
	18	21,43	34,72	24,17	4,66	95,1
Среднее за декаду		21,08	34,73	24,27	4,79	97,0

Средние суточные, декадные, месячные и экстремальные значения

Число	Температура воды, °С	Соленость, ‰	Условная плотность, σ_t	Кислород	
				мл/л	%
1	21,71	34,72	24,08	4,84	99,2
2	20,86	34,71	24,31	4,59	92,7
3	21,55	34,66	24,09	4,79	96,8
4	21,55	34,69	24,14	4,92	100,7
5	21,01	34,77	24,32	4,91	99,5
6	20,86	34,76	24,37	4,83	97,6
7	20,91	34,73	24,32	4,71	95,3
8	20,38	34,75	24,46	4,85	97,2
9	20,41	34,75	24,50	4,80	95,9
10	21,46	34,72	24,15	4,68	95,5
Среднее	21,08	34,73	24,27	4,79	97,0
Среднее месячное	20,67	34,74	24,39	4,81	96,7
Максимальное	21,78	34,83	25,09	5,16	104,9
Дата	1 XII	25 XII	31 XII	6 XII, 20 XII	15 XII, 20 XII
Минимальное	17,37	34,56	24,02	4,11	80,9
Дата	31 XII	31 XII	2 XII	30 XII	2 XII

Некоторые статистические характеристики многосуточного ряда наблюдений в одноградусном квадрате

Статистическая характеристика	Температура воды	Соленость	Условная плотность	Кислород	
				мл/л	%
Среднее квадратическое отклонение					
Ошибка среднего квадратического отклонения					
Коэффициент асимметрии					
Ошибка коэффициента асимметрии					
Коэффициент эксцесса					
Ошибка коэффициента эксцесса					
Коэффициент вариации					

Повторяемость по градациям

Температура, °С			Соленость, ‰			Кислород, мл/л		
градации	число случаев	%	градации	число случаев	%	градации	число случаев	%
17,00—17,99	*3*	*2,43*	*34,25—34,49*	*1*	*0,81*	*3,00—3,49*	*0*	*0*
18,00—18,99	*1*	*0,81*	*34,50—34,74*	*63*	*50,80*	*3,50—3,99*	*1*	*0,81*
19,00—19,99	*15*	*12,09*	*34,75—34,99*	*60*	*48,39*	*4,00—4,49*	*5*	*4,03*
20,00—20,99	*64*	*51,60*	*35,00—35,24*			*4,50—4,99*	*105*	*84,68*
21,00—21,99	*41*	*33,07*	*35,25—35,49*			*5,00—5,49*	*13*	*10,48*
Сумма	*124*	*100*		*124*	*100*		*124*	*100*

Значения корреляционной функции и функции спектральной плотности

Функция	Температура	Соленость	Условная плотность	Кислород
Корреляционная				
Спектральная				

Критериями машинного контроля являются невыход измеренного значения за пределы установленного интервала, например для температуры из интервала от —2 до +50°С, для солености из интервала 0—42‰ и для кислорода 0—15 мл/л и т. д.

Значения температуры, солености, кислорода и других элементов на стандартных горизонтах за каждый срок наблюдений служат исходными для расчета условной плотности, удельного объема и статистических характеристик, входящих в таблицу ТГМ-10М. Значения температуры, солености, кислорода и других элементов, вышедших за допустимые интервалы, из расчетов исключаются, но выдаются на печать с условной пометкой сомнительности.

Все расчеты выполняются последовательно для каждого горизонта.

Условная плотность, условный удельный объем, содержание кислорода и др. вычисляются по формулам, приведенным в «Океанографических таблицах» издания 1975 г. и 1957 г.

Процентное содержание кислорода определяется с точностью до 0,01% по растворимости кислорода в морской воде в зависимости от температуры и солености (хлорности), наблюденных на данном горизонте. Вычисленное значение растворимости кислорода (в мл/л) принимается за 100% и относительно него определяется процентное содержание количества кислорода, определенное в пробе воды с данного горизонта.

Среднее квадратическое отклонение вычисляется по формуле

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum (X_i - \overline{X})^2}{n}},$$

а его средняя ошибка m_σ — по формуле

$$m_\sigma = \frac{\sigma}{\sqrt{2n}}.$$

Значения коэффициентов асимметрии и эксцесса — величин, определяющих форму кривой распределения, получают соответственно из формул:

$$C_a = \frac{1}{n\sigma^3} \sum_1^n (X_i - \overline{X})^3; \qquad C_e = \frac{1}{n\sigma^4} \sum_1^n (X_i - \overline{X}) - 3; \quad C_V = \frac{\sigma}{\overline{X}},$$

где C_a — коэффициент асимметрии, C_e — коэффициент эксцесса, C_V — коэффициент вариации, X_i — наблюденное значение элемента, $\overline{X}$ — среднее значение элемента, σ — среднее квадратическое отклонение, n — число наблюдений.

Для получения повторяемости данные разносят по градациям: температуры через 1°С, солености через 0,25‰, кислорода через 0,5 мл/л и т. д. Для каждой градации подсчитывается число случаев. Затем число случаев для каждой градации переводится в проценты. За 100% принимается общее число случаев наблюдений по всем градациям данного элемента.

Результаты обработки рядов наблюдений представлены в виде таблицы ТГМ-10М. Эта форма может быть получена на ЭВМ путем выдачи результатов обработки на широкую печать. Порядок печати следующий: сначала печатается шапка таблицы, затем последовательно выдаются наблюденные и рассчитанные значения элементов для каждых суток, декад, месяца и, наконец, печатаются рассчитанные статистические характеристики.

26.3. Составление таблиц результатов измерений течений и волнения

Заполнение таблицы ТГМ-16М (табл. 26.2). Таблица предназначена для записи результатов измерений течений, произведенных на многочасовых и буйковых станциях. Она может быть использована и для записи разовых наблюдений над течениями, выполненных в экспедиции.

Форма записи рассчитана на использование таблицы в качестве сводного документа результатов наблюдений над течениями. Таблица приспособлена для перенесения данных на перфорационные карты и перфоленту.

Необходимость в производстве перфорации может возникнуть впоследствии, когда накопится большое количество наблюдений и будут сформулированы задачи, решение которых целесообразно выполнять с использованием ЭВМ или счетно-перфорационных машин.

Верхняя часть таблицы заполняется сведениями, общими для всех наблюдений, произведенных на данной станции. Образец записи приведен в таблице. Ее заполняют так же, как и соответствующие графы таблицы ТГМ-3М. Остальные графы заполняют следующим образом.

«Прибор» — в эту графу записывают название измерителя, при помощи которого произведено наблюдение, *например, самописец течения БПВ-2р.*

«Метод измерения» — записывают способ, по которому производились наблюдения, *например, буйковая станция, с заякоренного судна* и т. п.

«Число» (23, 24) — записывают двумя цифрами, *например 01, 02, 19.*

«Время, часы» (25, 26), «минуты» (27, 28) — записывают двузначными числами поясного времени (без декретного часа).

«Горизонт наблюдений» (29, 30, 31, 32) — записывают четырьмя цифрами в метрах. Отсутствующие значения заменяют нулями, например 0005 (вместо 5 м).

«Направление течения» (33, 34, 35) — записывают тремя цифрами в целых градусах. «Скорость» (36—38) — записывают с точностью до 1 см/с. Отсутствующие значащие цифры заменяют нулями.

В таблице предусмотрены четыре незаполненные графы. Они могут быть использованы для записи последующей обработки.

Таблица 26.

ТГМ-16М

Институт океанологии АН СССР
(учреждение)

НАБЛЮДЕНИЯ НАД ТЕЧЕНИЯМИ

Океан, море $\frac{\text{Тихий}}{55,56}$

Экспедиция (№ рейса) *9 рейс.* Название судна *«Витязь»*. Шифр судна $\frac{017}{3,4,5}$

Станция *№ 4057.* Координаты: начало наблюдений $\frac{51°}{6,7}$ $\frac{27'}{8,9}$ *с. ш.*,

$\frac{176°}{10,11,12}$ $\frac{09'}{13,14}$ *в. д.*, конец наблюдений *51° 27' с. ш., 176° 08' в. д.* Квадрант $\frac{2.}{15}$ Глубина места $\frac{155.}{16,17,18}$ Год $\frac{1958.}{19,20}$ Месяц $\frac{10.}{21,22}$ Часовой пояс *1*

Прибор *БПВ-2р.* Метод измерения *буйковая станция.*

Число	Время наблюдения		Горизонт наблюдения, м	Наблюдения течения					
	ч	мин		направление, °	скорость, см/с				
23, 24	25, 26	27, 28	29, 30, 31, 32	33, 34, 35	36, 37, 38				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
12	*10*	*10*	*0020*	*137*	*040*				
	11	*10*	*20*	*139*	*038*				
	12	*10*	*20*	*133*	*036*				
	13	*10*	*20*	*136*	*042*				

При обработке непериодических течений в них можно записать оставляющие вектора течения по избранным осям координат (меридиан, параллель), при обработке приливных течений — проекции уммарных течений, проекции приливных течений и т. п.

Составление таблицы «Повторяемость скорости и направления ечений по румбам». Таблица «Повторяемость скорости и направления течений по румбам» (табл. 26.3) является режимным обобщением измерений течений и служит для составления справочников, атласов, карт течений.

Источником для составления таблицы служит таблица ТГМ-16.

При расчете таблицы повторяемости скоростей и направлений ечений по румбам рекомендуется следующая последовательность обработки.

Непосредственно из таблицы ТГМ-16 данные о течениях разноятся по 8 румбам направлений и по градациям скоростей.

Если наибольшие измеренные скорости не превосходят 100 см/с, о градации скоростей принимаются через 5 см/с. В случаях, когда иапазон измеренных скоростей превосходит 100 см/с, градации коростей могут быть приняты через 10 см/с. Отдельно подсчитываются случаи, когда скорости были 4 см/с и менее. В это число ключаются и случаи полного отсутствия течений, число которых обавляется к сумме случаев, распределенных по румбам.

Для каждого направления и каждой градации скорости число лучаев пересчитывается в проценты, при этом за 100% принимается общее количество случаев наблюдений.

Полученное в результате подсчета процентное выражение числа лучаев наблюдений каждого направления и каждой градации скости записываются в соответствующие графы.

В графе «Сумма» приводится подсчитанная для каждой из раф сумма числа случаев и процентов наблюдаемых течений каждого из 8 направлений независимо от градации скоростей.

В графе «Средняя» приводится средняя скорость течения каждого из 8 румбов. Для получения значений этой скорости необходимо:

1) определить среднюю скорость для каждой принятой градации. Она определяется как среднее арифметическое между крайними значениями градации;

2) умножить значение средней скорости каждой градации на исло случаев наблюдений в данной градации для данного направления;

3) подсчитать сумму произведений, полученных в п. 2;

4) сумму произведений разделить на повторяемость (число лучаев) данного направления.

Полученное частное и будет средней скоростью течения данного направления, которую нужно записать в соответствующую рафу.

В графу «Наибольшая» записывается наибольшее значение скости течения данного направления, выбранное из всего ряда наблюдений над течениями данного направления.

Таблица 26.3

Повторяемость скорости и направления течений по румбам

Район наблюдений _____ дата _____ горизонт _____ м глубина _____ м

прибор _____

Градации скорости течений, см/с	Направление (куда)																Повторяемость		Обеспеченность, %
	СВ		В		ЮВ		Ю		ЮЗ		З		СЗ		С				
	число случаев	%	число случаев	%	число случаев	%	число случаев	%	число случаев	%	число случаев	%	число случаев	%	число случаев	%	число случаев	%	
99—95			1	0,1							1	0,1					2	0,2	0,2
. . .																			
. . .																			
19—15	12	1,5	20	2,5	6	0,8	3	0,4	6	0,8	20	2,5	10	1,3	5	0,6	82	10,2	31,3
14—10	16	2,0	24	3,0	10	1,3	5	0,6	10	1,3	32	4,0	14	1,8	7	0,9	118	14,7	41,5
9—5	32	4,0	36	4,5	56	7,0	24	3,0	24	3,0	88	11,0	24	3,0	36	4,5	320	39,8	56,2
4—0	2	0,2			1	0,1	1	0,1					3	0,4			32	4,0	96,0
Сумма	69	8,6	174	21,8	80	9,9	40	5,0	56	6,9	225	28,2	72	8,8	56	6,8	804	100	
Средняя, см/с	10		28		9		10		16		21		16		12				
Наибольшая, см/с	29		97		38		25		49		99		48		37				

В графу «Повторяемость» записывают число случаев наблюдений над течениями всех направлений одной градации скорости и их процентное выражение. (Общая сумма повторяемостей должна составлять 100%.)

В графу «Обеспеченность» записывается нарастающая сумма процентов различных градаций скоростей всех направлений, от градаций наибольших значений скоростей течений к градациям меньших скоростей. Обеспеченность суммы градаций течений равна 100%.

Заполнение таблицы волнографных измерений. Таблица волнографных измерений, разработанная во ВНИИГМИ-МЦД, представляет собой обязательную форму отчета океанографических экспедиций. Она служит для систематизации материалов волнографных измерений в Центрах обработки. По результатам обработки могут быть получены статистические характеристики высот и периодов волн, средние и максимальные значения, обеспеченность и функции распределения.

Таблица заполняется согласно «Инструкции по заполнению таблицы волнографных измерений» [59], пример заполнения приведен в гл. 13.

ПРИЛОЖЕНИЯ

ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКОЕ ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ОКЕАНОГРАФИЧЕСКИХ СУДОВ

Таблица 1

Табель типового гидрометеорологического оборудования, необходимого для оснащения океанографических судов[1]

№ п/п	Наименование	Срок службы	Единица измерения	Группа судов				
				1	2	3	4	5
1	Лебедки типа ЛМ-006 или ЛМ-046 с тросами	б/с	шт.	(1)	2	3	—	—
2	Кабельная лебедка типа ЛК-2 или кабельные вьюшки ВЭС/3-2	»	»	—	—	1	1	1—2
3	Лебедки типа ЛГ-1200 с тросами	»	»	—	—	1	1	1
4	Лебедки типа ЛЭРОК-0,5 или лебедки «Океан» (малые) с тросами	»	»	—	—	—	1	1
5	Лебедки типа ЛЭРОК-1, 2 или лебедки «Океан» (большие) с тросами	»	»	—	—	—	1*	3—4
6	Тросы запасные для океанографических лебедок	»	м	(200)	(1000)	(1000)	(2000)	(10 000)
7	Кран-балки**	»	шт.	1	2	3	—	
8	Блок-счетчики 0-17	»	»	—	1	2	3	3
9	Блок-счетчики МБС	»	»	—	—	—	4	6
10	Скобы № 1, 2, 3, 4**	»	»	(5)	(10)	(30)	(100)	200
11	Гаки самовыкладывающиеся**	»	»	—	—	—	1 (1)	2
12	Пентер-гаки**	»	»	—	—	—	(1)	1
13	Глаголь-гаки, гаки вертлюжные	»	»	—	—	—	1 (2)	3

[1] Утвержден Главным управлением гидрометеорологической службы при СМ СССР.

№ п/п	Наименование	Срок службы	Единица измерения	Группа судов				
				1	2	3	4	5
4	Канифас-блоки для тросов до 6 мм**	б/с	шт.	—	—	(4)	6	10
5	Канифас-блоки для тросов до 12 мм**	»	»	—	—	1 (1)	2 (1)	3
6	Канифас-блоки для тросов до 12 мм с блок-счетчиками	»	»	—	—	—	(2)	(3)
7	Ширококипный канифас-блок со счетчиком	»	»	—	—	1 (1)	2 (1)	3
8	Вертлюги шариковые	»	»	—	—	10	10 (10)	20
9	Амортизаторы пружинные	»	»	—	(2—4)	(5)	10	20
0	Такелажные цепи	»	»	—	—	(1)	2	4
1	Тросовые зажимы разных калибров**	»	»	(15)	30	40	40	50
2	Буйковые станции на 175 кг ГМ-46	»	компл.	—	(2)	(3)	(2)	(2)
3	Буйковые станции на 300 кг ГМ-47	»	»	—	—	—	(2)	(2)
4	Буйковые станции на 500 кг ГМ-48	»	»	—	—	—	(1)	(1)
5	Буйковые станции на 1000 кг ГМ-49	»	»	—	—	—	(3)	(2)
6	Буйковые станции на 1500 кг ГМ-50	»	»	—	—	—	(1)	(2)
7	Буйковые станции на 2300 кг ГМ-51	»	»	—	—	—	(1)	(4)
8	Наметки	»	шт.	(1)	2	2	1	1
9	Лоты промерные (ручные) ЛПР-048	»	»	(1)	2	2	1	1
0	Грузы гидрометрические (рыбовидные) ГГР	»	»	(1)	2	4	10	15
1	Термометры глубоководные ТГ	»	»	(10)	(20)	20 (20)	40 (40)	160
2	Рамы для глубоководных термометров РОТ-48	»	»	(2)	(2)	2 (2)	4 (4)	16
3	Лупы Нансена	»	»	(2)	(2)	1 (1)	1 (2)	4
4	Батитермографы ГМ-9-III	»	»	—	(1)	1 (1)	1 (1)	3
5	Автоматические батометры батитермографы (АБТ) ГМ-7-III	»	»	—	(1)	(1)	(1)	2

№ п/п	Наименование	Срок службы	Единица измерения	Группа судов				
				1	2	3	4	5
36	Зонд-батометры	б/с	шт.	—	—	—	1	1
37	Термометры для измерения температуры поверхностного слоя моря	»	»	1 (1)	1 (1)	1 (2)	1 (4)	10
38	Оправа ОТ-51	»	»	1 (1)	1 (1)	1 (2)	2 (2)	4
39	Фототермографы ФТГ ТМ-59	»	компл.	—	—	(5)	(10)	20
40	Термометры-глубомеры ТГМ	»	шт.	—	(6)	4 (6)	10 (10)	40
41	Электросолемер ГМ-65	»	компл.	—	—	—	1	2
42	Батометры морские БМ-48	»	шт.	(4)	(10)	10 (10)	20 (20)	80
43	Рамы к батометрам четырехпенальные***	»	»	—	3	2 (3)	5 (5)	20
44	Батометры большого размера***	»	»	—	(1)	(1)	1 (1)	2
45	Угломеры***	»	»	—	(1)	2 (2)	2 (2)	5
46	Диски белые ДБ	»	»	(2)	(2)	1 (1)	1 (1)	3
47	Шкала цветности воды (ШЦВ)	1/г	компл.	(2)	(2)	1 (1)	1 (1)	2 (5)
48	Поляроидные очки***	б/с	шт.	(1)	1 (1)	1 (1)	1 (2)	10
49	Фотометр-прозрачномер ЛФП***	»	компл.	—	—	—	(1)	2
50	Фотоэлектрический фотометр ЛЮПО***	»	»	—	—	—	(1)	2
51	Яркомер МГИ	»	»	—	—	—	(1)	2
52	Вертушки морские ВММ	»	шт.	(2)	(2)	2 (2)	2 (2)	6
53	Двойные привязные поплавки**	»	компл.	(1)	(2)	(2)	2 (2)	4
54	Самописцы течения БПВ-2р или ЭСТ	»	шт.	—	(1)	(3)	(5)	10
55	Самописцы течения БПВ-2	»	»	—	(4)	(6)	(10)	30
56	Самописцы течения БПВ-6	»	»	—	—	—	10	15
57	Автономный цифровой измеритель течения, температуры воды, глубины, солености (АЦИТТ)	»	компл.	—	—	—	10	15

№ п/п	Наименование	Срок службы	Единица измерения	Группа судов				
				1	2	3	4	5
58	Радиоизмеритель течения ГМ-33 (при отсутствии ГМ-32-1)	б/с	компл.	—	—	—	(1)	(1)
59	Электромагнитный измеритель течений (ЭМИТ) ГМ-15м	»	»	—	—	(1)	1	2
60	Запасные электроды к ЭМИТу	»	шт.	—	—	(4)	4	10
61	Судовая дистанционная станция ГМ-6	»	компл.	—	—	1	1	1
62	Волнограф судовой ГМ-16, ГМ-62	»	»	—	—	—	1	1
63	Радиоволнограф ГМ-32	»	»	—	—	—	1	1
64	Дночерпатели ДЧ-0,025	»	шт.	—	(1)	(1)	1	2
65	Грунтовые трубки ГОИНа ТГ-1 и ТГ-1,5	»	»	—	—	(1)	1	2
66	Сетки Джеди, диаметром 50 см***	»	»	—	—	—	(2)	2
67	Стаканы планктонные***	»	»	—	—	—	(4)	4
68	Замыкатели Нансена***	»	»	—	—	—	(4)	4
69	Эхолоты для больших глубин*	»	компл.	—	—	1	1	1
70	Эхолоты для малых глубин*	»	»	—	1	1	1	1
71	Ветрочет	»	шт.	(2)	2	1 (1)	3	6
72	Океанографические таблицы	»	»	(1)	(1)	1	2	4
73	Атласы ледовых образований	»	»	—	(1)	(1)	1	2
74	Коды КН-09, КН-09с	»	»	—	—	1	2	2
75	Коды КН-05, Bathy, TESAC	»	»	—	—	1	2	2

№ п/п	Наименование	Срок службы	Единицы измерения	Группа судов				
				1	2	3	4	5
76	Наставление, вып. 9, ч. IV	б/с	шт.	(1)	(1)	1	1	1
77	Руководство по гидрологическим работам в океанах и морях	„	„	—	(1)	1	2	3
78	Набор слесарных инструментов	„	компл.	—	(1)	(1)	1	1
79	Логарифмические линейки	„	шт.	—	(1)	(3)	4	8
80	Клавишные счетно-вычислительные машины	„	„	—	—	1	1	3
81	Пишущие машины	„	„	—	—	1	1	3
82	Перфоратор (телеграфный аппарат Т-51)	„	„	—	—	—	1	2

Примечания. а) Разделение судов произведено по 5 типам:

1) мотошлюпки и катера (производство рейдовых наблюдений);

2) мотокатера и мотоботы (производство стандартных океанографических наблюдений и других океанографических работ в зоне 30—50 миль от берега);

3) мотоботы, сейнеры, шхуны (производство стандартных океанографических наблюдений и других океанографических работ в зоне до 100 миль от берега);

4) СРТ и подобные типы судов с неограниченным районом плавания (производство стандартных океанографических наблюдений и других океанографических работ);

5) крупнотоннажные суда океанского плавания.

б) Цифрами в скобках обозначено количество приборов и оборудования, которое сосредоточивается на ГМС или в обсерваториях и находится на судах только в период производства работ;

в) цифрами без скобок обозначено количество приборов и оборудования, которое постоянно находится на судне;

г) приборы и оборудование, отмеченные одной звездочкой, устанавливаются на судах по заявкам УГМС;

д) изделия, отмеченные двумя звездочками, приобретаются или заказываются на месте;

е) приборы и оборудование, отмеченные тремя звездочками серийно не изготовляются. В зависимости от решения вопроса об организации производства тех или иных изделий они будут включаться в номенклатуру снабжения, о чем УГМС будут поставлены в известность директивами о составлении годовых заявок;

ж) все остальные приборы и оборудование входят в действующую номенклатуру снабжения и поставляются Управлением снабжения и сбыта ГУГМС Наставлениями, руководствами, кодами, атласами суда обеспечиваются ГУГМС

з) гидрохимические приборы и посуда — согласно Руководству по морским гидрохимическим исследованиям.

Таблица 2

Основное метеорологическое оборудование, необходимое для технического оснащения судов типа НИС и НИСП на первом этапе автоматизации

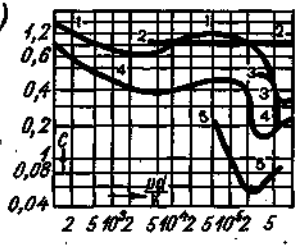
№ п/п	Наименование	Количество приборов в отряде, шт.	Срок службы, г
1	Электронный потенциометр типа КСП-4. Пределы измерения 0—10 мВ. 12-точечный. Модификация 41, 543.50.067	4	3
2	Щиток приставки для регистрации температуры воды, воздуха, смоченного термометра ТСП-500 от —20 до +40°С	1	5
3	Актинометрический регулировочный щиток на 12 каналов	1	5
4	Актинометрические датчики (герметизированные):		
	актинометр АТ-50	3	0,5
	пиранометр М-80	12	0,3
	балансомер М-10	6	0,3
5	Датчики температуры воды ТСП-500	2	3
6	Датчик температуры воздуха на базе ТСП-500	3	3
7	Датчик смоченного термометра на базе ТСП-500	3	3
8	Датчик ветра типа М-63М, М-92	2	2—3
9	Анемометр чашечный	3	—
10	Измеритель высоты облачности типа РВО-2	1	4
11	Психрометр	2	2—3
12	Родниковый термометр	2	2—3
13	Установка для поверки актинометрических приборов по искусственному источнику света ПО-4	1	5
14	Переносной потенциометр типа ПП-63	2	5
15	Магазины сопротивлений типа МСР-60	5	5
16	Измерительный мост типа МО-62	1	5

№ п/п	Наименование	Количество приборов в отряде, шт.	Срок службы, г
17	УПАР	1	5
18	Тестр типа Ц-4312	1	3
19	Источники питания стабилизированные типа: «Кипарис», «Спектр»		
	36 В 400 Гц	2	
	24 В 50 Гц	2	
	12 В 50 Гц	2	
	6 В 50 Гц	2	
20	Телетайп типа Т-51	1	
21	Полуавтоматический дешифратор графиков	1	4
22	Фонарь электрический карманный	2	
23	Озонометр экспедиционный	1	
24	Вычислительная машинка типа «Электрон»	1	
25	Секундомер	1	2
26	Труба градуировочная типа ПО-11	1	5
27	Перфоратор ручной	2	4
28	Стрела судовая актинометрическая	1	5
29	Кардановый подвес актинометрических приборов типа «Планер»	1	3
30	Барометр анероид МД-49-2	2	3
31	Барограф недельный М-22 ГОСТ 6359-63	1	3
32	ТСП-500 — термометры сопротивления	1	3
33	Электронно-клавишная вычислительная машина «Искра-125»	1	5
34	Сосуд Дюара	3	1
35	Термостат биологический	1	4
36	Лабораторный нормальный термометр ТЛ-4 ГОСТ 5.2156-74, предел измерения от 0 до +50°	2	1

а)

Шар	$Re > 2{,}5 \cdot 10^5$ $2 \cdot 10^4 < Re < 1{,}5 \cdot 10^5$	C_x 0,22 0,47	Круговой цилиндр продуваемый перпендикулярно образующей ($Re = 8{,}6 \cdot 10^4$)	$\frac{l}{d} =$ 1 2 5 10 40 ∞	C_x 0,63 0,68 0,74 0,82 0,98 1,20
Удлиненный эллипсоид 5:3	$Re > 10^5$	0,05 до 0,1	Прямоугольник со сторонами a и b	$\frac{a}{b} =$ 1 2 4 10 18 ∞	1,10 1,15 1,19 1,29 1,40 2,01
Сплющенный эллипсоид 4:3	$Re > 5{,}5 \cdot 10^5$ $Re < 4{,}5 \cdot 10^5$	0,2 0,6	Полушар (без ограничения плоскости)	Выпуклый Вогнутый	0,34 1,33
Круглая пластинка		1,11	Конус (с основанием)	Угловое отверстие 60° Угловое отверстие 30°	0,51 0,34
Круговой цилиндр продуваемый параллельно образующей	$\frac{l}{d} =$ 1 2 4 7	0,91 0,85 0,87 0,99	Профили различной толщины $Re \approx 10^6$	$\frac{d}{t} = 0{,}055$ $\frac{d}{t} = 0{,}125$ $\frac{d}{t} = 0{,}197$	0,096 0,048 0,040
			Профилированная стальная труба (каплеобразный профиль) $Re >$ приб. $5 \cdot 10^4$	$\frac{d}{t} = \frac{1}{2}$ $\frac{d}{t} = \frac{1}{3}$	0,2 0,1

б)



Коэффициенты сопротивления тел различной формы (*а*), значение сопротивлений в зависимости от числа Рейнольдса при обтекании поверхностей тел (*б*).

***1* — цилиндра, *2* — пластинки, *3* — сжатого эллипсоида, *4* — шара, *5* — удлиненного эллипсоида.**

СТАНДАРТНАЯ (ТИПОВАЯ) ПРОГРАММА ЭКСПЕДИЦИОННЫХ РАБОТ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИХ СУДОВ ПОГОДЫ ГУГМС

I. Основные задачи

Основными задачами научно-исследовательских судов погоды (НИСП) ГУГМС являются:

а) производство стандартных метеорологических, аэрологических, океанографических и других геофизических наблюдений в точке (квадрате), определенной для данного судна погоды;

б) оперативное обслуживание рыболовства, мореплавания, авиации и других отраслей народного хозяйства в районе действия судна погоды информацией о состоянии атмосферы и океана, различными прогнозами, штормовыми предупреждениями, рекомендациями и другими данными;

в) сбор от отечественных и зарубежных радиометцентров а также от ИСЗ гидрометеорологической информации для использования ее в оперативной работе на судне погоды и передачи в береговые центры Гидрометслужбы СССР;

г) выполнение экспериментальных и методических работ, направленных на изучение океана и атмосферы: процессов их взаимодействия и других геофизических явлений;

д) выполнение функций по радионавигации и оказанию помощи терпящим бедствие судам и самолетам.

II. Продолжительность и маршруты

Рейсы НИСП выполняются по маршрутам, утвержденным Советом по проблеме изучения океанов и морей ГУГМС, общей продолжительностью 90—100 суток.

Утвержденные маршруты в точку работы НИСП, в порты захода и обратно в порт приписки являются стандартными многолетними разрезами и входят в стандартную программу экспедиционных работ.

III. Состав наблюдений

А. Метеорологические наблюдения

Метеорологические наблюдения проводятся по программе судовой станции 1 разряда, куда входят:

— стандартные метеорологические наблюдения в 00, 03, 06, 09, 12, 15, 18, 21 ч среднего гринвичского времени (ГМТ);

— стандартные актинометрические наблюдения в сроки метеонаблюдений со сдвигом на 30 мин.;

— ежечасные наблюдения за прямой радиацией при ясном около Солнца небе;

— ежечасные озонометрические наблюдения при ясном около Солнца небе;

— непрерывная регистрация или наблюдения 8 раз в сутки температуры поверхностного слоя воды;

— особо опасные метеорологические явления (ООЯ);

— наблюдения за загрязнением атмосферы и атмосферных осадков по стандартной программе.

Информация по данным метеорологических наблюдений (кодом КН-09) и оповещения об особо опасных явлениях передаются согласно действующим положениям.

Б. Аэрологические наблюдения

— Ежесуточное двухразовое зондирование атмосферы с помощью системы «Метеорит» (РКЗ-2) в 00 и 12 ч (ГМТ);

— дополнительное зондирование атмосферы проводится по указанию начальника экспедиции (заместителя капитана по научной работе) в случаях научной или оперативной необходимости (во время следования проливами, в портах и при расхождении со встречными судами зондирование не производится).

Информация по температурно-ветровому зондированию (кодом КН-04) передается согласно действующему Положению.

В. Гидрологические и гидрохимические наблюдения

На переходах:

— океанографические станции по программе ОГСОС (температура и соленость воды) проводятся дважды в сутки в 00 и 12 ч (ГМТ) до глубины 500 м на стандартных горизонтах (0, 10, 20, 30, 50, 75, 100, 150, 200, 300, 400, 500 м);

— при следовании в точку работ, на переходах в порты и при возвращении на стандартных разрезах выполняются океанографические станции. Работы ведутся на стандартных горизонтах (0, 10, 20, 30, 50, 75, 100, 150, 200, 300, 400, 500, 600, 700, 800, 1000, 1200, 1500, 2000, 3000, 4000 м) до глубин, определенных стандартной программой по данному району. Расстояния между станциями также определяются программой.

Примечание. Предпочтительнее вести многосерийные наблюдения в течение 12 ч через 2 или 3 ч, с расстоянием между станциями 400—500 км;

— наблюдения за вертикальным распределением температуры воды и слоя скачка (с помощью батитермографов или других зондов) выполняются в синоптические сроки (00, 06, 12, 18 ч (ГМТ) программа «Бати») и на каждой океанографической станции;

— наблюдения за прозрачностью и цветом морской воды выполняются на каждой океанографической станции в светлое время суток и при волнении не более 4 баллов;

— наблюдения за распределением в воде кислорода и гидрохимических элементов, а также за загрязнениями океана, ведутся согласно стандартной программе, утвержденной для данного района;

— особо опасные гидрологические явления (ООЯ).

В районе основной работы:

— наблюдения на многосуточной океанографической станции за температурой и соленостью выполняются на стандартных горизонтах (см. выше) до глубин, установленных программой по данному району. Гидрологические серии выполняются 4 раза в сутки (в синоптические сроки);

— наблюдения за распределением температуры и слоем скачка (с помощью батитермографа или другого зонда) проводятся 8 раз в сутки в синоптические сроки;

— наблюдения за распределением в воде кислорода и гидрохимическими элементами ведутся согласно стандартной программе для данного района;

— наблюдения за прозрачностью и цветом воды ведутся в синоптические сроки в светлое время суток;

— выполняется постановка одной-трех буйковых заякоренных станций. Расположение станций, расстояния между ними, количество и горизонты измерительных приборов определяются стандартной программой данного района;

— наблюдения за течениями навигационным способом выполняются 4 раза в сутки в синоптические сроки (00, 06, 12 и 18 ч ГМТ).

Информация по океанографическим наблюдениям (кодами КН-05 и КН-06) ведется согласно действующему положению.

IV. Сбор гидрометеорологической информации

Сбор гидрометеорологической информации проводится от судов погоды, работающих в смежных районах океана, и от РМЦ по расписанию, установленному стандартной программой для данного района.

V. Попутные гидрографические работы

Суда погоды выполняют попутные гидрографические работы согласно существующим методическим указаниям;

— промерные работы с помощью эхолотов;

— сбор сведений для корректуры навигационных карт и руководств для плавания (гидрографические работы выполняются штурманским составом под руководством капитана).

VI. Оперативное гидрометеорологическое обслуживание

В продолжение рейса суда погоды проводят:

1. Ежесуточный прием и анализ карт: приземных, барической топографии и другие синоптические материалы;

— прием и обработку ТВ информации от метеорологических ИСЗ;

— ежедневное составление гидросиноптических карт по данным судовых сводок.

Объем приема и передачи синоптического материала определяется в зависимости от района и производственной необходимости стандартной программой.

2. Ежедневные (2 раза в сутки) передачи гидрометеорологической информации и прогнозов погоды по району работы и в сроки, закрепленные за данным НИСП.

В передачу включаются:

— суточные и полусуточные прогнозы погоды;

— прогнозы гидрологических условий;

— предупреждения об ОЯ и ООЯ.

3. Круглосуточные консультации (по запросам) советских (и иностранных) судов и самолетов о метеообстановке в районе, закрепленном за НИСП.

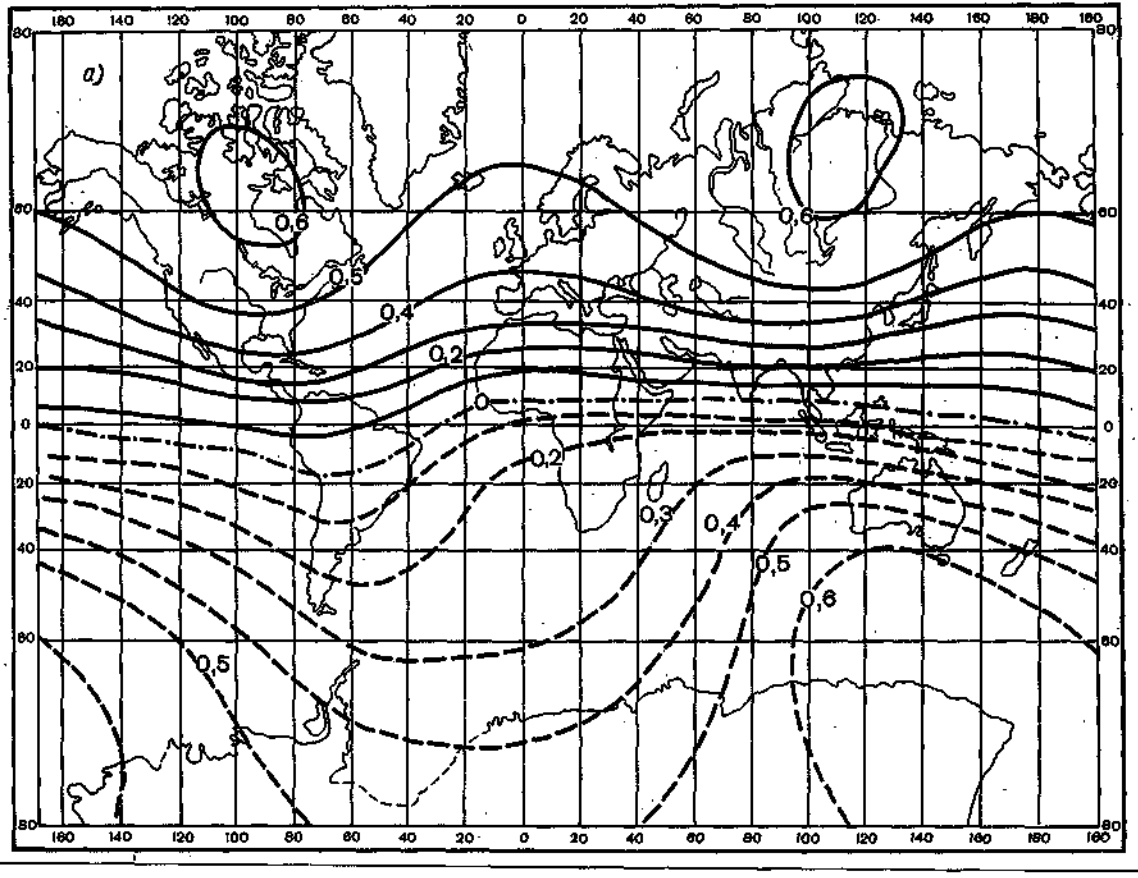
4. Обеспечение проводки судов рекомендованными курсами.

5. Передача авиационной информации (в районах трансокеанских советских авиалиний) по специальной программе.

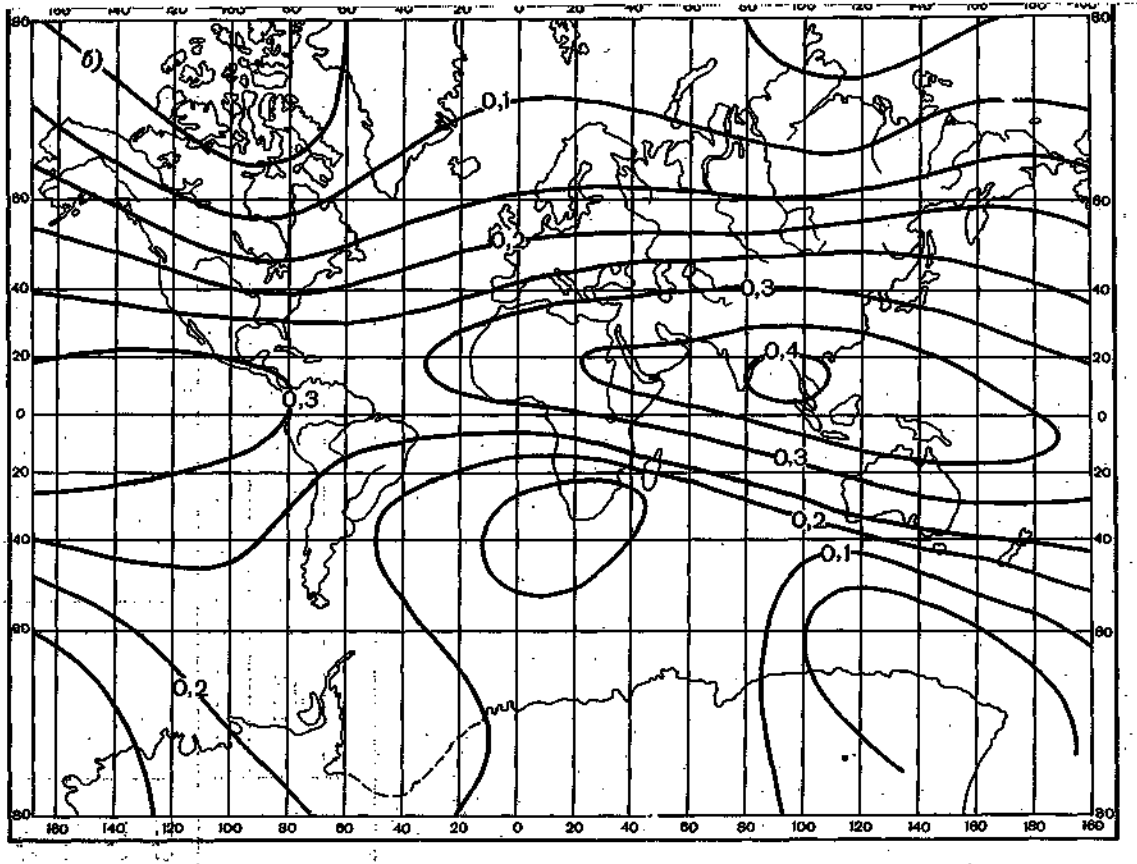
6. Ежедневные передачи в эфир факсимильных карт с прогнозом барического поля, атмосферных фронтов, ветра, волнения и ОЯ (по расписанию, определенному для данного района).

7. Передача в адрес Гидрометцентра СССР (4 раза в сутки) и другие метеоцентры информации о тропических ураганах и тайфунах (в районах, где они наблюдаются).

ПРИЛОЖЕНИЕ 4



Зак. № 258



б) Карта горизонтальной составляющей (H_A) геомагнитного поля эпохи 1970 г. в эрстедах (составлена ИЗМИРАН).

ТАБЛИЦА ПОПРАВОК НА РАЗНОСТЬ ЗАГЛУБЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОДОВ ОДНОКАБЕЛЬНОГО ШЛЕЙФА ИЗ ПОЛЕВОГО ТЕЛЕФОННОГО КАБЕЛЯ ТИПА П-274-М С ВНЕШНИМ ДИАМЕТРОМ ЖИЛ 2,5—4 мм

Таблица поправок рассчитана в делениях ленты регистрирующего потенциометра со шкалой в 100 делений на напряжени ±10 мВ и соответствует точности отсчета сигнала течения, т. е 0,5 деления ленты (0,1 мВ). Таблица применима для однокабельной конструкции шлейфа из полевого телефонного кабеля тип П-274-М с внешним диаметром жил 2,5—4 мм. Длина кабел 215 м. Расстояние между электродами 100 м. Поправка вводитс алгебраически, причем ее знак отрицателен для всех курсов судн в северном полушарии, магнитный азимут которых заключаетс в пределах от 0 до 180° и положителен для азимутов от 180 до 360 При работе в южном полушарии знак поправки обратный, т. е. дл магнитных курсов 0—180° он положителен и для курсов 180—360° отрицателен.

В таблицах даны поправки только для тех значений горизонтальной составляющей H_h и скоростей судна, при которых он равны или превышают 0,5 деления ленты потенциометра. В остальных случаях поправку за вертикальный разнос электродов вводит не требуется.

Поправку находят из таблицы по магнитному курсу судна, ег скорости и значению горизонтальной составляющей.

Например, в северном полушарии $\alpha=123°$, $V_к=11$ уз, $H_h=0{,}24$ Э, $\Delta E=-1{,}0$ дел.

H_h Э	Магнитный курс судна (°) и скорость судна (уз)														
	7—13 167—173				187—193 347—353			14—22 158—166				194—202 338—346		
	12	11	10	9	8	7	6	12	11	10	9	8	7	6
0,10													0,0	0,0
0,15											0,0	0,0	0,5	0,5
0,20							0,0	0,0	0,0	0,0	0,5	0,5	0,5	0,5
0,25						0,0	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
0,30					0,0	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
0,35				0,0	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
0,40			0,0	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	1,0

H_h э	Магнитный курс судна (°) и скорость судна (уз)														
	23—32 148—157				203—212 328—337			33—42 138—147				213—222 318—327			
	12	11	10	9	8	7	6	12	11	10	9	8	7	6	
0,10	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,5	0,5	0,0	0,0	0,0	0,5	0,5	0,5	0,5	
0,15	0,0	0,0	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	
0,20	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	1,0	
0,25	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	1,0	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	1,0	1,0	
0,30	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	1,0	1,0	0,5	0,5	0,5	1,0	1,0	1,0	1,0	
0,35	0,5	0,5	0,5	0,5	1,0	1,0	1,0	0,5	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,5	
0,40	0,5	0,5	0,5	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,5	1,5	

H_h э	Магнитный курс судна (°) и скорость судна (уз)														
	43—56 124—137				223—236 304—317			57—90 91—123				237—269 270—303			
	12	11	10	9	8	7	6	12	11	10	9	8	7	6	
0,10	0,0	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	
0,15	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	1,0	0,5	0,5	0,5	0,5	1,0	1,0	1,0	
0,20	0,5	0,5	0,5	0,5	1,0	1,0	1,0	0,5	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,5	
0,25	0,5	0,5	1,0	1,0	1,0	1,0	1,5	1,0	1,0	1,0	1,0	1,5	1,5	1,5	
0,30	1,0	1,0	1,0	1,0	1,5	1,5	1,5	1,0	1,0	1,0	1,5	1,5	1,5	2,0	
0,35	1,0	1,0	1,0	1,0	1,5	1,5	2,0	1,0	1,5	1,5	1,5	2,0	2,0	2,0	
0,40	1,0	1,0	1,0	1,5	1,5	2,0	2,0	1,5	1,5	1,5	2,0	2,0	2,0	2,5	

ПРИЛОЖЕНИЕ 6

ДЛИНА ВЫТРАВЛЕННОГО ТРОСА В ЕДИНИЦАХ СЧЕТЧИКА ПРИ РАЗНЫХ УГЛАХ НАКЛОНА ТРОСА

Расстояние по вертикали, м	Угол наклона троса, °																	
	5	10	15	20	25	30	32,5	35	37,5	40	42,5	45	47,5	50	52,5	55	57,5	60
	Коэффициент счетчика 1,00																	
10	10	10	10	11	11	12	12	12	13	13	14	14	15	16	16	17	19	20
15	15	15	16	16	17	17	18	18	19	20	20	21	22	23	25	26	28	30
20	20	20	21	21	22	23	24	24	25	26	27	28	30	31	33	35	37	40
25	25	25	26	27	28	29	30	30	32	33	34	35	37	39	41	44	46	50
30	30	30	31	32	33	35	36	37	38	39	41	42	44	47	49	52	56	60
50	50	51	52	53	55	58	59	61	63	65	68	71	74	78	82	87	93	100
75	75	76	78	80	83	87	89	92	95	98	102	106	111	117	123	131	140	150
100	100	102	104	106	110	115	119	122	126	130	136	141	148	156	164	174	186	200
125	125	127	129	133	138	144	148	153	158	163	170	177	185	194	205	218	233	250
150	151	152	155	160	166	173	178	183	189	196	203	212	222	233	246	262	279	300
175	176	178	181	186	193	202	207	214	221	228	237	247	259	272	287	305	326	350
200	201	203	207	213	221	231	237	244	252	261	271	283	296	311	329	349	372	400
250	251	254	259	266	276	289	296	305	315	326	339	354	370	389	411	436	465	500
300	301	305	310	319	331	346	356	366	378	392	407	424	444	467	493	523	558	600
400	402	406	414	426	441	462	474	488	504	522	543	566	592	622	657	697	744	800
500	502	508	518	532	552	577	593	610	630	652	678	707	740	778	821	872	930	1000
600	602	609	621	638	662	693	712	733	756	783	814	848	888	934	986	1046	1117	1200
750	753	762	776	798	828	866	889	916	945	979	1017	1060	1110	1167	1232	1308	1396	1500
800	803	812	828	851	882	924	949	977	1008	1044	1085	1131	1184	1245	1314	1394	1489	1600
1000	1004	1015	1035	1064	1103	1155	1186	1221	1261	1305	1356	1414	1480	1556	1643	1743	1861	2000
1200	1205	1218	1242	1277	1324	1386	1423	1465	1512	1566	1627	1697	1776	1867	1972	2092	2233	2400
1500	1506	1522	1552	1596	1654	1732	1779	1832	1890	1958	2034	2121	2220	2334	2464	2614	2792	3000

Расстояние по вертикали, м	0	5	10	15	20	25	30	32,5	35	37,5	40	42,5	45	47,5	50	52,5	55	57,5	60
	Коэффициент счетчика 0,99																		
10	10	10	10	10	11	11	12	12	12	13	13	14	14	15	16	17	18	19	20
15	15	15	15	16	16	17	18	18	18	19	20	21	21	22	24	25	26	28	30
20	20	20	21	21	21	22	23	24	25	25	26	27	29	30	31	33	35	38	40
25	25	25	26	26	27	28	29	30	31	32	33	34	36	37	39	42	44	47	50
30	30	30	31	31	32	33	35	36	37	38	40	41	43	45	47	50	53	56	61
50	51	51	51	52	54	56	58	60	62	64	66	69	71	75	79	83	88	94	101
75	76	76	77	78	81	84	88	90	92	95	99	103	107	112	118	124	132	141	152
100	101	101	103	105	107	111	117	120	123	127	132	137	143	150	157	166	176	188	202
125	126	127	128	131	134	139	146	150	154	159	165	171	179	187	196	207	220	235	253
150	152	152	154	157	161	167	175	180	185	191	198	206	214	224	236	249	264	282	303
175	177	177	179	183	188	195	204	210	216	223	231	240	250	262	275	290	308	329	354
200	202	203	205	209	215	223	233	240	247	255	264	274	286	299	314	332	352	376	404
250	253	253	256	261	269	279	292	299	308	318	330	343	357	374	393	415	440	470	505
300	303	304	308	314	322	334	350	359	370	382	396	411	429	449	471	498	528	564	606
400	404	406	410	418	430	446	467	479	493	509	527	548	571	598	629	664	704	752	808
500	505	507	513	523	537	557	583	599	617	637	659	685	714	748	786	830	881	940	1010
600	606	608	615	627	645	668	700	719	740	764	791	822	857	897	943	996	1056	1128	1212
750	758	760	769	784	806	836	875	898	925	955	989	1028	1071	1121	1179	1244	1321	1410	1515
800	808	811	820	836	860	891	933	958	987	1018	1055	1096	1143	1196	1257	1328	1408	1504	1616
1000	1010	1014	1026	1046	1075	1115	1166	1198	1233	1273	1319	1370	1428	1495	1571	1659	1761	1880	2020
1200	1212	1217	1230	1255	1290	1337	1400	1438	1480	1527	1582	1644	1714	1794	1886	1992	2113	2256	2424
1500	1515	1521	1538	1568	1612	1671	1750	1797	1850	1909	1977	2055	2142	2242	2358	2489	2641	2820	3030

Расстояние по вертикали, м	Угол наклона троса, °																		
	0	5	10	15	20	25	30	32,5	35	37,5	40	42,5	45	47,5	50	52,5	55	57,5	60
	Коэффициент счетчика 0,98																		
10	10	10	10	11	11	11	12	12	12	13	13	14	14	15	16	17	18	19	20
15	15	15	16	16	16	17	18	18	19	19	20	21	22	23	24	25	27	28	31
20	20	20	21	21	22	23	24	24	25	26	27	28	29	30	32	34	36	38	41
25	26	26	26	26	27	28	29	30	31	32	33	35	36	38	40	42	44	47	51
30	31	31	31	32	33	34	35	36	37	39	40	42	43	45	48	50	53	57	61
50	51	51	52	53	54	56	59	60	62	64	67	69	72	76	79	84	89	95	102
75	77	77	78	79	81	84	88	91	93	96	100	104	108	113	119	126	133	142	153
100	102	102	104	106	109	113	118	121	125	129	133	138	144	151	159	168	178	190	204
125	128	128	130	132	136	141	147	151	156	161	167	173	180	189	198	210	222	237	255
150	153	154	155	158	163	169	177	181	187	193	200	208	216	227	238	251	267	285	306
175	179	179	181	185	190	197	206	212	218	225	233	242	253	264	278	293	311	332	357
200	205	205	207	211	217	225	236	242	249	257	266	277	289	302	317	335	356	380	408
250	255	256	259	264	271	281	295	302	311	322	333	346	361	378	397	419	445	475	510
300	306	307	311	317	326	338	353	363	374	386	400	415	433	453	476	503	534	570	612
400	408	410	414	423	434	450	471	484	498	514	533	554	577	604	635	670	712	760	816
500	510	512	518	528	543	563	589	605	623	643	666	692	722	755	794	838	890	950	1020
600	612	615	621	634	651	675	707	726	748	771	799	830	866	906	953	1006	1067	1139	1224
750	765	768	777	792	814	844	884	907	934	965	999	1038	1082	1133	1191	1257	1334	1424	1531
800	816	820	829	845	869	900	943	968	997	1029	1065	1107	1154	1208	1270	1341	1423	1519	1633
1000	1020	1024	1036	1056	1086	1126	1178	1210	1246	1286	1332	1384	1443	1510	1587	1676	1779	1889	2041
1200	1224	1229	1243	1267	1303	1351	1414	1452	1495	1543	1598	1660	1731	1812	1905	2012	2134	2279	2449
1500	1531	1537	1554	1584	1629	1688	1768	1815	1869	1929	1997	2076	2164	2265	2382	2515	2668	2848	3061

Расстояние по вертикали, м	Угол наклона троса, °																		
	0°	5	10	15	20	25	30	32,5	35	37,5	40	42,5	45	47,5	50	52,5	55	57,5	60
	Коэффициент счетчика 0,97																		
10	10	10	10	11	11	11	12	12	13	13	13	14	15	15	16	17	18	19	20
15	15	16	16	16	16	17	18	18	19	19	20	21	22	23	24	25	27	29	31
20	21	21	21	21	22	23	24	24	25	26	27	28	29	31	32	34	36	38	41
25	26	26	26	27	27	28	30	31	31	32	34	35	36	38	40	42	45	48	52
30	31	31	31	32	33	34	36	37	38	39	40	42	44	46	48	51	54	58	62
50	52	52	52	53	55	57	60	61	63	65	67	70	73	76	80	85	90	96	103
75	77	78	79	80	82	85	89	92	94	97	101	105	109	114	120	127	135	144	155
100	103	103	105	107	110	114	119	122	126	130	135	140	146	153	160	169	180	192	206
125	129	129	131	133	137	142	149	153	157	162	168	175	182	191	200	212	225	240	258
150	155	155	157	160	165	171	179	183	189	195	202	210	219	229	241	254	270	288	309
175	180	181	183	187	192	199	208	214	220	227	235	245	255	267	281	296	315	336	361
200	206	207	209	213	219	228	238	244	252	260	269	280	292	305	321	339	359	384	412
250	258	259	262	267	274	284	298	306	315	325	336	350	364	381	401	423	449	480	515
300	309	310	314	320	329	341	357	367	378	390	404	419	437	458	481	508	539	576	619
400	412	414	419	427	439	455	476	488	503	520	538	559	583	610	642	677	719	767	825
500	515	517	523	534	549	569	595	611	629	650	673	699	729	763	802	847	899	959	1031
600	619	621	628	640	658	682	714	734	755	779	807	839	875	915	962	1016	1078	1151	1237
750	773	776	785	800	823	853	893	917	944	974	1009	1049	1093	1144	1203	1270	1348	1439	1546
800	825	828	837	854	878	910	953	978	1007	1039	1076	1118	1166	1221	1283	1355	1438	1535	1649
1000	1031	1035	1047	1067	1097	1138	1190	1222	1259	1299	1346	1398	1458	1526	1604	1694	1797	1919	2062
1200	1237	1242	1256	1280	1316	1365	1429	1467	1511	1559	1614	1678	1749	1831	1925	2033	2156	2302	2474
1500	1546	1553	1570	1601	1645	1706	1786	1834	1888	1948	2018	2097	2187	2289	2406	2541	2695	2878	3093

Расстояние по вертикали, м	Угол наклона троса, °																		
	0	5	10	15	20	25	30	32,5	35	37,5	40	42,5	45	47,5	50	52,5	55	57,5	60
	Коэффициент счетчика 0,96																		
10	10	10	11	11	11	11	12	12	13	13	14	14	15	15	16	17	18	19	21
15	16	16	16	16	17	17	18	19	19	20	20	21	22	23	24	26	27	29	31
20	21	21	21	22	22	23	24	25	26	26	27	28	29	31	32	34	36	39	42
25	26	26	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	37	38	40	43	45	48	52
30	31	31	32	32	33	34	36	37	38	39	41	42	44	46	49	51	54	58	62
50	52	52	53	54	55	57	60	62	64	66	68	71	74	77	81	86	91	97	104
75	78	78	79	81	83	86	90	93	95	98	102	106	110	116	122	128	136	145	156
100	104	105	106	108	111	115	120	124	127	131	136	141	147	154	162	171	182	194	208
125	130	131	132	135	139	144	150	154	159	164	170	177	184	193	203	214	227	242	260
150	156	157	159	162	166	172	180	185	191	197	204	212	221	231	243	257	272	291	313
175	182	183	185	189	194	201	211	216	223	230	238	247	258	270	284	299	318	339	365
200	208	209	212	216	222	230	241	247	254	263	272	283	295	308	324	342	363	388	417
250	260	261	264	270	277	287	301	309	318	328	340	353	368	385	405	428	454	485	521
300	312	314	317	324	333	345	361	370	382	394	408	424	442	463	486	513	545	582	625
400	417	418	423	431	443	460	481	494	509	525	544	565	589	617	648	684	726	776	833
500	521	523	529	539	554	574	601	618	636	657	680	706	737	771	810	856	908	969	1042
600	625	628	634	647	665	689	722	741	763	788	816	848	884	925	972	1027	1089	1163	1250
750	781	784	793	809	831	862	902	926	954	985	1020	1060	1105	1156	1215	1283	1362	1454	1563
800	833	837	846	862	887	912	962	988	1017	1050	1088	1130	1178	1233	1297	1369	1452	1551	1667
1000	1042	1046	1058	1079	1109	1149	1203	1235	1272	1313	1360	1413	1473	1542	1621	1711	1816	1939	2083
1200	1250	1255	1269	1294	1330	1379	1444	1482	1526	1575	1631	1695	1768	1850	1945	2054	2179	2326	2500
1500	1562	1569	1586	1617	1662	1723	1805	1853	1908	1969	2039	2119	2209	2312	2431	2567	2723	2908	3125

Расстояние по вертикали, м	Угол наклона троса, °																		
	0	5	10	15	20	25	30	32,5	35	37,5	40	42,5	45	47,5	50	52,5	55	57,5	60
	Коэффициент счетчика 0,95																		
10	11	11	11	11	11	12	12	12	13	13	14	14	15	16	16	17	18	20	21
15	16	16	16	16	17	17	18	19	19	20	21	21	22	23	25	26	28	29	32
20	21	21	21	22	22	23	24	25	26	26	27	29	30	31	33	35	37	39	42
25	26	26	27	27	28	29	30	31	32	33	34	36	37	39	41	43	46	49	53
30	32	32	32	33	34	35	36	37	39	40	41	43	45	47	49	52	55	59	63
50	53	53	53	54	56	58	61	62	64	66	69	71	74	78	82	86	92	98	105
75	79	79	80	82	84	87	91	94	96	100	103	107	112	117	123	130	138	147	158
100	105	106	107	109	112	116	122	125	129	133	137	143	149	156	164	173	184	196	210
125	132	132	134	136	140	145	152	156	161	166	172	178	186	195	205	216	229	245	263
150	158	158	160	163	168	174	182	187	193	199	206	214	223	234	246	259	275	294	316
175	184	185	187	191	196	203	213	218	225	232	240	250	261	273	287	303	321	343	368
200	211	211	214	218	224	232	243	250	257	265	275	286	298	312	328	346	367	392	421
250	263	264	267	272	280	290	304	312	321	332	344	357	372	390	409	432	459	490	526
300	316	317	321	327	336	348	365	374	386	398	412	428	447	467	491	519	550	588	632
400	421	423	428	436	448	465	486	499	514	531	550	571	595	623	655	692	734	784	842
500	526	528	534	545	560	581	608	624	643	663	687	714	744	779	819	865	918	980	1053
600	632	634	641	654	672	697	729	749	771	796	824	856	893	935	983	1038	1101	1175	1263
750	789	792	801	817	840	871	912	936	964	995	1030	1071	1116	1169	1228	1297	1376	1469	1579
800	842	845	855	872	896	929	973	999	1028	1061	1099	1142	1191	1246	1310	1384	1468	1567	1684
1000	1053	1057	1069	1090	1120	1161	1216	1248	1285	1327	1374	1428	1489	1558	1638	1730	1835	1960	2105
1200	1263	1268	1282	1307	1344	1393	1459	1498	1542	1592	1648	1713	1786	1869	1965	2075	2202	2351	2526
1500	1579	1585	1603	1634	1680	1742	1824	1873	1928	1989	2061	2141	2233	2337	2457	2594	2752	2938	3158

Дальневосточный научно-исследовательски
(Учреждени

ТАБЛИЦА ГЛУБОКОВОДНЫХ ГИДРОЛ

Код информации ————. Океан (море) *Тихий.* Код водного объекта *10*

Название судна *«А. И. Воейков».* Код судна *018.* / *3, 4, 5* Код страны ———— / *1, 2*

Координаты: начала φ *51°27′* / *6, 7, 8, 9*, λ *176°03′* / *10, 11, 12, 13, 14*, конца φ *51°30′*, λ *176° 04′*

конца *02 ч 00 мин.* Глубина исправленная, *м* *2 711* / *24, 25, 26*.

Гидрометеорологические наблюдения: втр: *170°* / напр. *12,6* / скор.; влн. *вв/з* / тип

T°C *9,8*; влж. *11,8 мбар* / абс. *97%* / отн.; двл. *1030,6 мбар*; обл: *10* / к-во *Ns 5* / форма; солнеч

———— / густ, к-во, кромка: ———— / направление, ———— / расстояние

Время наблюдений		Горизонт, м	Температура, °C	Электропроводность ϰ	Хлорность, ‰ (мг/л)	Соленость, ‰	Условная плотность σ_t	Условный удельный объем v_t	O_2		pH_B
ч	мин								мл/л	%	
		27—30	31—34			35—39	40—43		44—46		47—49
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
											×
23	45	0000	09,87		17,92	32,380	24,95	75,66	6,66	101,0	8,06
		(0010)	08,18		17,92	32,380	25,22	75,40	6,57	097,0	
		0012	08,07		17,92	32,380	25,25	75,37	6,55	096,4	8,05
		(0020)	07,80		17,96	32,450	25,32	75,31	6,46	094,4	
		(0025)	07,55		18,00	32,520	25,42	75,21	6,41		
		0029	07,46		18,02	32,560	25,45	75,18	6,38	092,6	8,02
		(0030)	07,44		18,03	32,570	25,47	75,16	6,37	092,6	
		(0050)	07,10		18,11	32,720	25,63	75,01	6,32	091,3	
		0058	07,03			(32,780)	25,70	74,94	6,29	090,6	8,00
		(0075)	06,00		18,12	32,920	25,93	74,73	5,56	078,5	
		0088	05,66		18,28	33,030	26,04	74,62	5,27	073,9	7,88
23	45	(0100)	05,62		18,34	33,130	26,14	74,53	5,18	072,6	
23	55	0119	05,60		18,40	33,230	26,23	74,44	5,05	070,8	7,86
		(0125)	05,53		18,40	33,240	26,24	74,43	4,99	069,7	
		0148	05,46			(33,280)	26,29	74,38	4,66	065,2	7,85
		(0150)	05,42		18,43	33,290	26,29	74,38	4,63	064,6	
		0178	05,28		18,45	33,330	26,29	74,38	4,11	057,4	7,89
		(0200)	05,05		18,47	33,370	26,40	74,28	3,92	054,3	
		0236	04,84		18,51	33,440	26,48	74,20	3,65	050,5	7,77
		(0250)	04,80		18,53	33,480	26,52	74,17	3,53	048,7	
		0292	04,63		18,59	33,580	26,62	74,07	3,11	042,7	7,75
		(0300)	04,50		18,60	33,600	26,64	74,05	3,01	041,3	
		0352	03,35		18,66	33,700	26,83	73,87	2,43	032,4	
23	55	(0400)	01,40								
		0432	00,10								
23	55	0490	−00,01								

ИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ ГУГМС | **ТГМ-3М**

ИЧЕСКИХ И ГИДРОХИМИЧЕСКИХ НАБЛЮДЕНИЙ

Код экспедиции (стандартного разреза) _____

Код пункта наблюдений _____. Квадрант $\frac{2}{15}$.

Год $\frac{1960}{16,17}$. Месяц $\frac{10}{18,19}$. Число $\frac{12}{20,21}$. Время: начала $\frac{23\ ч\ 00\ мин}{22,23}$.

$\frac{170°}{напр.}$, $\frac{—}{степень}$, с. п. м. 46, h —, l —, τ —; видим. 66;

ое сияние —; прз. 20 м; цв. 2—3; Погода (*WW*) 02; лед: $\frac{нет}{вид}$, $\frac{\quad}{форма}$.

Alk	$P-PO_4^{3-}$	$P_{общ}$	$Si-SiO_3^{2-}$	$N-NO_2^-$	$N-NO_3^-$	$N-NH_4^+$	$N_{общ}$	Хлорофилл, мкг/л	Феофитин „А", мкг/л	H_2S мг/л		
мг-экв/л	мкг/л											
50—52	53—55	56—58	59—61	62—64	65—68	69—71						
13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
2,227	×030	032	0850	03,3	0220	×07,0	420					
2,275	042	031	0940	03,2	0250	05,0	320					
2,291	010		1100	03,6	0250	00,0	300					
2,321			1740	02,4	0280	00,0	300					
2,347	063	075	1820	03,0	0300	28,0	332					
2,365	064	076	1960	02,6	0310	20,0	333					
2,363	068	080	2410	02,8	0310	05,6	321					
2,361	074	075	2380	01,1	0320	03,4	325					
2,367	079	079	2880	00,0	0380	00,0	381					

Код информации _____ Океан (море) *Тихий.* Код водного объекта *1*

Название судна *«А. И. Воейков»*. Код судна *018*. Код страны _____. Код

конца φ *51° 30′*, λ *176° 04′*. Год *1960*. Месяц *10*. Число *12*. Время: начал

Время наблюдений		Горизонт, м	Нефть и нефтепродукты в воде, мг/л	Нефть и нефтепродукты в грунтах, мг/100 г абс. сух. грунта	Фенол, мг/л	Детергенты анионо-активные, мг/л	Металлы и металлоиды, мкг/л					
ч	мин						свинец	медь	ртуть	мышьяк		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
23	*45*	*0000*	*0,70*		*0,001*	*0,51*			*5*			
		(0010)										
		0012										
		(0020)										
		(0025)										
		0029	*0,00*		*0,001*	*0,48*			*11*			
		(0030)										
		(0050)										
		0058	*0,00*		*0,001*	*0,44*			*2*			
		(0075)										
		0088	*0,00*		*0,000*	*0,24*			*3*			
		0100										
		0119										
		(0125)										
		0148	*0,10*		*0,002*	*0,17*			*2*			
		(0150)										
		0178	*0,20*		*0,005*	*0,18*			*7*			
		(0200)										
		0236	*0,20*		*0,000*	*0,25*			*5*			
		(0250)										
		0292	*0,40*		*0,003*	*0,00*			*0*			
		(0300)										
		0352										
		(0400)										
		0432										
		0490										

Код экспедиции (стандартного разреза) _____.

пункта наблюдений _____. Квадрант 2. Координаты: начала φ 51° 27′, λ 176° 03′,

23 ч 00 мин, конца 02 ч 00 мин. Глубина исправленная, м 2711

Пестициды, мкг/л										Полихлорбифенилы, мкг/л	
хлорорганические					фосфорорганические						
ДДТ	ДДЭ	γ-ГХЦГ			метафос	хлорофос	фозалон				
14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25

ТАБЛИЦЫ ДЛЯ ПОСТРОЕНИЯ ИНДИВИДУАЛЬНЫХ ГРАФИКОВ СУММАРНЫХ ПОПРАВОК ГЛУБОКОВОДНЫХ ТЕРМОМЕТРОВ И ТЕРМОГЛУБОМЕРОВ

Таблица 1

Значения величины $t_a = t\,\frac{T+V_0}{n}\left(1+\frac{T+V_0}{n}\right)$ для построения номограммы

$t°$ C	$(T+V_0)°$				
	80	100	120	150	180
1	0,013	0,016	0,019	0,024	0,029
2	0,026	0,032	0,039	0,049	0,059
3	0,039	0,048	0,058	0,073	0,088
4	0,051	0,064	0,078	0,098	0,118
5	0,064	0,081	0,097	0,122	0,147
6	0,077	0,097	0,116	0,146	0,176
7	0,090	0,113	0,136	0,171	0,206
8	0,103	0,129	0,155	0,195	0,235
9	0,116	0,145	0,175	0,219	0,265
10	0,129	0,161	0,194	0,244	0,294
11	0,141	0,177	0,214	0,268	0,323
12	0,154	0,193	0,233	0,293	0,353
13	0,167	0,210	0,252	0,317	0,382
14	0,180	0,226	0,272	0,341	0,411
15	0,193	0,242	0,291	0,366	0,441
16	0,206	0,258	0,311	0,390	0,470
17	0,219	0,274	0,330	0,414	0,500
18	0,231	0,290	0,349	0,439	0,529
19	0,244	0,306	0,369	0,463	0,558
20	0,257	0,322	0,388	0,488	0,588
21	0,270	0,339	0,408	0,512	0,617
22	0,283	0,355	0,427	0,536	0,647
23	0,296	0,371	0,446	0,561	0,676
24	0,309	0,387	0,466	0,585	0,705
25	0,322	0,403	0,485	0,610	0,735
26	0,334	0,419	0,505	0,634	0,764
27	0,347	0,435	0,524	0,658	0,794
28	0,360	0,451	0,543	0,683	0,823
29	0,373	0,467	0,563	0,707	0,852
30	0,386	0,484	0,589	0,731	0,882

Таблица 2

Данные для построения графиков редукционных поправок к показаниям термометра-глубомера

K	$(T+V_0)$ °			
	300	250	200	140
0,015	0,300	0,375	0,500	0,750
0,025	0,500	0,625	0,833	1,250
0,035	0,700	0,875	1,167	1,750
0,045	0,900	1,125	1,500	2,167
0,055	1,100	1,375	1,833	2,500
0,065	1,300	1,625	2,125	2,833
0,075	1,500	1,875	2,375	3,250
0,085	1,700	2,125	2,625	3,750
0,095	1,900	2,375	2,875	4,250
0,105	2,125	2,625	3,167	4,750
0,115	2,375	2,875	3,500	5,250
0,125	2,625	3,125	3,833	5,750
0,135	2,875	3,375	4,167	6,167
0,145	3,100	3,625	4,500	6,500
0,155	3,300	3,875	4,833	6,833
0,165	3,500	4,125	5,167	7,250
0,175	3,700	4,375	5,500	7,750
0,185	3,900	4,625	5,833	8,250
0,195	4,100	4,875	6,167	8,750
0,205	4,300	5,125	6,500	9,250
0,215	4,500	5,375	6,833	9,750
0,225	4,700	5,625	7,167	10,250
0,235	4,900	5,875	7,500	10,750
0,245	5,100	6,125	7,833	11,167
0,255	5,300	6,375	8,125	11,500
0,265	5,500	6,625	8,375	11,833
0,275	5,700	6,875	8,625	12,500
0,285	5,900	7,125	8,833	13,167
0,295	6,125	7,375	9,167	13,500

K	$(T + V_0)$ °			
	300	250	200	140
0,305	6,375	7,625	9,500	13,833
0,315	6,625	7,875	9,833	14,250
0,325	6,875	8,125	10,167	14,750
0,335	7,100	8,375	10,500	15,167
0,345	7,300	8,625	10,833	15,500
0,355	7,500	8,875	11,167	15,833
0,365	7,700	9,125	11,500	16,250
0,375	7,900	9,375	11,833	16,750
0,385	8,100	9,625	12,167	17,250
0,395	8,300	9,875	12,500	17,750
0,405	8,500	10,125	12,833	18,250
0,415	8,700	10,375	13,167	18,750
0,425	8,900	10,625	13,500	19,250
0,435	9,100	10,875	13,833	19,750
0,445	9,300	11,125	14,125	20,167
0,455	9,500	11,375	14,375	20,500
0,465	9,700	11,625	14,625	20,833
0,475	9,900	11,875	14,875	21,250
0,485	10,125	12,125	15,167	21,750
0,495	10,375	12,375	15,500	22,250
0,505	10,625	12,625	15,833	22,750
0,515	10,875	12,875	16,167	23,250
0,525	11,100	13,125	16,500	23,750
0,535	11,300	13,375	16,833	24,167
0,545	11,500	13,625	17,167	24,500
0,555	11,700	13,875	17,500	24,833
0,565	11,900	14,125	17,833	25,250
0,575	12,100	14,375	18,167	25,750
0,585	12,300	14,625	18,500	26,250
0,595	12,500	14,875	18,833	26,750

K	$(T+V_0)°$			
	300	250	200	140
0,605	12,700	15,125	19,125	27,250
0,615	12,900	15,375	19,375	27,750
0,625	13,100	15,625	19,625	28,167
0,635	13,300	15,875	19,875	28,500
0,645	13,500	16,125	20,167	28,833
0,655	13,700	16,375	20,500	29,250
0,665	13,900	16,625	20,833	29,750
0,675	14,100	16,875	21,167	30,250
0,685	14,300	17,125	21,500	30,750
0,695	14,500	17,375	21,833	
0,705	14,700	17,625	22,167	
0,715	14,900	17,875	22,500	
0,725	15,125	18,125	22,833	
0,735	15,375	18,375	23,167	
0,745	15,625	18,625	23,500	
0,755	15,875	18,875	23,833	
0,765	16,100	19,167	24,125	
0,775	16,300	19,500	24,375	
0,785	16,500	19,833	24,625	
0,795	16,700	20,125	24,875	
0,805	16,900	20,375	25,167	
0,815	17,100	20,625	25,500	
0,825	17,300	20,875	25,833	
0,835	17,500	21,125	26,167	
0,845	17,700	21,375	26,500	
0,855	17,900	21,625	26,833	
0,865	18,100	21,875	27,167	
0,875	18,300	22,125	27,500	
0,885	18,500	22,375	27,833	
0,895	18,700	22,625	28,167	

K	$(T+V_0)$ °			K	$(T+V_0)$ °	
	300	250	200		300	250
0,905	18,900	22,875	28,500	1,205	25,300	30,375
0,915	19,125	23,125	28,833	1,215	25,500	30,625
0,925	19,375	23,375	29,167	1,225	25,700	30,875
0,935	19,625	23,625	29,500	1,235	25,900	
0,945	19,875	23,875	29,833	1,245	26,100	
0,955	20,100	24,125		1,255	26,300	
0,965	20,300	24,375		1,265	26,500	
0,975	20,500	24,625		1,275	26,700	
0,985	20,700	24,875		1,285	26,900	
0,995	20,900	25,125		1,295	27,125	
1,005	21,100	25,375		1,305	27,375	
1,015	21,300	25,625		1,315	27,625	
1,025	21,500	25,875		1,325	27,875	
1,035	21,700	26,125		1,335	28,100	
1,045	21,900	26,375		1,345	28,300	
1,055	22,100	26,625		1,355	28,500	
1,065	22,300	26,875		1,365	28,700	
1,075	22,500	27,125		1,375	28,900	
1,085	22,700	27,375		1,385	29,100	
1,095	22,900	27,625		1,395	29,300	
1,105	23,100	27,875		1,405	29,500	
1,115	23,300	28,125		1,415	29,700	
1,125	23,500	28,375		1,425	29,900	
1,135	23,700	28,625		1,435	30,100	
1,145	23,900	28,875		1,445	30,300	
1,155	24,125	29,125		1,455	30,500	
1,165	24,375	29,375		1,465	30,700	
1,175	24,625	29,625				
1,185	24,875	29,875				
1,195	25,100	30,125				

Таблица 3

Значения редукционной поправки к показаниям термометра-глубомера. $n=6300$

$T_w - t$	$(T+V_0)°$				
	70	100	140	200	250
1	0,011	0,016	0,022	0,032	0,040
2	0,022	0,032	0,044	0,063	0,079
3	0,033	0,048	0,067	0,095	0,119
4	0,044	0,063	0,089	0,127	0,159
5	0,056	0,079	0,111	0,159	0,198
6	0,067	0,095	0,133	0,190	0,239
7	0,078	0,111	0,156	0,222	0,278
8	0,089	0,127	0,178	0,254	0,317
9	0,100	0,143	0,200	0,286	0,357
10	0,111	0,159	0,222	0,317	0,397
11	0,122	0,175	0,244	0,349	0,437
12	0,133	0,191	0,267	0,381	0,477
13	0,144	0,207	0,289	0,413	0,517
14	0,156	0,223	0,311	0,455	0,557
15	0,167	0,238	0,333	0,476	0,597
16	0,178	0,254	0,356	0,508	0,637
17	0,189	0,270	0,378	0,541	0,676
18	0,200	0,286	0,400	0,572	0,715
19	0,211	0,302	0,422	0,604	0,755
20	0,222	0,318	0,444	0,636	0,795
21	0,233	0,334	0,467	0,668	0,834
22	0,244	0,350	0,489	0,699	0,874
23	0,256	0,366	0,511	0,731	0,914
24	0,267	0,382	0,533	0,763	0,953
25	0,278	0,398	0,555	0,795	0,993

ПРИЛОЖЕНИЕ 9

РОСКОП (ВТОРОЕ ИЗДАНИЕ)

ОКЕАНОГРАФИЯ

ОБЩЕЕ ОПИСАНИЕ РЕЙСА

A00

ЦЕНТР ДАННЫХ: _____

НОМЕР ССЫЛКИ: _____

A — ОБЩАЯ ИНФОРМАЦИЯ ПО ПРОДЕЛАННОЙ РАБОТЕ

A01 Экспедиция/проект _____

№ рейса или название _____

A91 Является ли объявленной национальной программой — Да [ ] Нет [ ] Частично [ ]

Ограничен ли обмен — Да [ ] Нет [ ] Частично [ ]

A02 Судно или платформа _____

Вид платформы _____

A92 Совместная прогр.? — Да [ ] Нет [ ] Название _____

Координируется ли на международном уровне? — Да [ ] Нет [ ] Кем? _____

A03 Страна

A04 Организация

A05 Ученый(ые)-Руководитель(ли)

A06 НАЗВАНИЯ, ИМЕНА И АДРЕСА ОРГАНИЗАЦИЙ И ЛИЦ

Кому направлять запросы	Окончательное местоположение данных
a _____	A _____
b _____	B _____
c _____	C _____
d _____	D _____
e _____	E _____

A07 Даты: с | | | |
Число Месяц Год
по | | | |

A08 Районы океана

A09 Тип(ы) морской(их) зоны (зон)

A10 Географический район.

Широта | ° | ′ | ″ | С/Ю Долгота | ° | ′ | ″ | В/З

Если все данные собраны фиксированной станцией, впишите координаты

Дисциплина и виды измерений	Индекс 10° 10° Qc	L	G	G	Индекс 1° × 1°	Дисциплина и виды измерений	Индекс 10° 10° Qc	L	G	G	Индекс 1° × 1°

M — МЕТЕОРОЛОГИЯ

	Число	I	I	Формат		Число	I	I	Формат
M01 Аэрологические наблюдения					M04 Ледовые наблюдения				
M02 Солнечная радиация					M05 Эпизодические стандартные измерения				
M03 Исследования взаимодейств. атмосферы и океана					M06 Систематические стандартные измерения				
					M90 Другие измерения				

Примечания

Н — ГИДРОЛОГИЯ

HS НА ПОВЕРХНОСТИ	Число	i	I	Формат	HB У ДНА (≤ 10 м)	Число	i	I	Формат
H01 Непрерывная регистрация температуры					H05 Непрерывная регистрация температуры				
H02 Непрерывная регистрация солености					H06 Непрерывная регистрация солености				
H03 Дискретное измерение температуры					H07 Дискретное измерение температуры				
H04 Дискретное измерение солености					H08 Дискретное измерение солености				
HP ФИЗИЧЕСКАЯ					HC ХИМИЧЕСКАЯ				
H09 Классические океанографические станции					H21 Кислород				
H10 Вертикальные профили (СТГ/ЭТГ)					H22 Фосфаты				
H11 Подповерхностные измерения на ходу					H23 Содержание общее фосфора				
H12 Механический батитермограф (число опусканий)					H24 Нитраты				
H13 Обрывной батитермограф (число опусканий)					H25 Нитриты				
H14 Станции наблюдения за скоростью звука					H26 Силикаты				
H15 Акустические станции					H27 Щелочность				

H16 Прозрачность					H28 pH				
H17 Оптические наблюдения					H29 Хлорность				
H18 Диффузия (динамическая)					H30 Индикаторные элементы				
H80 Другие измерения					H31 Радиоактивность				
					H32 Изотопы				
					H33 Растворенные газы				
					H90 Другие измерения				

Примечания

P — ЗАГРЯЗНЕНИЕ

P01 Взвешенные частицы					P07 Сточные воды: БПК				
P02 Тяжелые металлы					P08 Сточные воды: Нитраты				
P03 Остатки нефти					P09 Сточные воды: Микробиология				
P04 Хлористые углеводороды					P10 Сточные воды: Другие				
P05 Другие растворенные вещества					P11 Обесцвеченная вода				
P06 Термическое загрязнение					P12 Донные отложения				
P90 Другие измерения					P13 Зараженные организмы				

Примечания

G — ГЕОЛОГИЯ, ГЕОФИЗИКА

	Число	1	I	Формат		Число	1	I	Формат
GL ИЗМЕРЕНИЯ, ПРОВЕДЕННЫЕ В ОПРЕДЕЛЕННЫХ МЕСТАХ					G08 Фотография дна				
G01 Драга					G09 Температура морского дна (≤1 м от дна)				
G02 Захват					G10 Акустические характеристики морского дна				
G03 Колонки скального грунта (число колонок)					G11 Инженерные характеристики морского дна				
G04 Колонки мягкого дна (число колонок)					G12 Магнитные характеристики морского дна				
G05 Пробы, взятые водолазами					G13 Гравиметрические характеристики морского дна				
G06 Пробы, взятые подводными аппаратами					G14 Измерения радиоактивности				
G07 Бурение					G70 Другие измерения				
GU ИЗМЕРЕНИЯ НА ХОДУ					GS ВИДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ				
G21 Киносъемка морского дна (мили)					G31 Физический анализ отложений				
G22 Широкополосный эхолот (мили)					G32 Химический анализ отложений				
G23 Узкополосный эхолот (мили)					G33 Палеонтология				
G24 Боковой сканирующий сонар (мили)					G34 Палеомагнетизм и магнетизм скальных пород				

G25	Сейсмическое отражение (мили)					G35	Палеотермия			
G26	Сейсмическая рефракция (мили)					G36	Геотермия			
G27	Гравиметрия					G37	Геохронология			
G28	Магнетизм					G38	Минеральные и топливные ресурсы			
G80	Другие измерения					G39	Исследования литоральной зоны			
						G90	Другие			

Примечания

D — ДИНАМИКА

D01	Измерители скорости течения (число станций)					D07	Дрейфующие бутылки с опрос. карточкой (число выпущенных)			
D02	Измерители скорости течения (средняя продолж. измерения)					D08	Придонные дрейфующие системы (число выпущенных)			
D03	Измерения течения навигационным методом					D09	Приливные наблюдения (продолжительность)			
D04	ЭМИТ					D10	Ветровые волны и зыбь (число наблюдений)			
D05	Дрейфующие буи (число)					D90	Другие			
D06	Буй Своллоу (число)									

Примечания

В — БИОЛОГИЯ

	Число	I	I	Формат		Число	I	I	Формат
B01 Первичная продуктивность					B20 Промысловые бентические моллюски				
B02 Пигменты фитопланктона					B21 Промысловые бентические ракообразные				
B03 Сестон					B22 Прикрепленные растения и водоросли				
B04 Фракции органического углерода					B23 Организмы, живущие в приливной зоне				
B05 Фракции органического азота					B24 Организмы, точащие и обрастающие суда				
B06 Растворенное органическое вещество					B25 Птицы				
B07 Бактериальные и пелагические микроорганизмы					B26 Млекопитающие и пресмыкающиеся				
B08 Фитопланктон					B27 Глубоководные рассеивающие слои				
B09 Зоопланктон					B28 Акустическое отражение от морских организмов				
B10 Ньюстон					B29 Биологические звуки				
B11 Нектон					B30 Биолюминесценция				
B12 Безпозвоночный нектон					B31 Концентрации витаминов				
B13 Пелагические икринки и личинки					B32 Концентрация аминокислот				
B14 Пелагическая рыба					B33 Концентрация углеводо-				

B15	Амфибии					B34	Концентрация липида			
B16	Бентические бактерии и микроорганизмы					B35	Концентрация ATP, ADP, AMP			
B17	Фитобентос					B36	Концентрация DNA, RNA			
B18	Зообентос					B37	Мечение			
B19	Промысловая придонная рыба					B80	Другие измерения			

Примечания

BS	ВИДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ					B60	Физиология			
B51	Определение					B61	Поведение			
B52	Пространственное и временное распространение					B62	Патология, паразитология			
B53	Слежение и наблюдение					B63	Токсикология			
B54	Определение биомассы					B64	Изучение орудий лова			
B55	Описание сообществ					B65	Исследовательское рыболовство			
B56	Передача энергии в пищевом цикле					B66	Промысловое рыболовство			
B57	Живые организмы окружающие среды					B67	Аквакультура			
B58	Структура живых организмов					B90	Другие измерения			
B59	Таксономия, систематика, классификация									

В. В. ДРЕМЛЮГ

РАСЧЕТ ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТИ РЕЙСА С УЧЕТОМ ВЕТРОВОЛНОВЫХ УСЛОВИЙ

При планировании и производстве морских экспедиционных р бот необходимо учитывать влияние ветроволновых условий пр расчете продолжительности:

1) плавания экспедиционного судна к месту работ и возвр щение в порт;

2) движения судна между океанографическими станциями;

3) нахождения судна на многосерийных океанографически станциях, разрезах и полигонах в зависимости от глубины станци числа горизонтов наблюдений и гидрометеорологических услови

Общая сумма времени, затрачиваемая на рейс, равна

$$T = T_п + T_з + T_р,$$

где $T_п$ — продолжительность плавания судна из порта в райо океанографических работ, переход из одного рейса в другой и во вращение в порт (свободное плавание); $T_з$ — продолжительност захода в промежуточные порты; $T_р$ — продолжительность работ н многосерийных океанографических станциях, разрезах и поли гонах.

1. Продолжительность движения экспедиционного судна

Для этого необходимо знать: генеральный путь судна, скорост судна с учетом ветроволновых потерь, климатические или прогно стические данные о параметрах ветра и волнения на отдельны участках пути. Продолжительность плавания судна в заданны район равна

$$T_п = \sum_{i=1}^{m} \frac{S_i}{V_0 - (\Delta V_w + \Delta V_h)_i}, \qquad (2$$

где S_i — отрезки пути судна в милях, на которых наблюдаютс различные гидрометеорологические условия: $i=1, 2, \ldots, m$; V_0 — скорость судна на тихой воде, уз; ΔV_{wi} — ветровые потери ско рости на i-м отрезке, уз; ΔV_{hi} — волновые потери скорости на i-м отрезке, уз.

Путь судна между океанографическими станциями S складыва ется из пути разгона $S_р$, пути $S_з$ с заданной (постоянной) ско ростью $V_з$ и пути торможения $S_т$ [37]. Продолжительность движе ния по пути S определяется выражением

$$T_д = \frac{S + (S_р + S_т)}{V_з - (\Delta V_w + \Delta V_h)}. \qquad (3$$

Таблица 1

Ветровые и волновые составляющие потерь скорости

(НИС «Профессор Визе»)

ΔV_w уз

q_w°	W м/с											V_0 уз
	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	
0	0,17	0,31	0,42	0,55	0,69	0,84	1,02	1,20	1,40	1,62	1,86	14
30	0,16	0,28	0,38	0,49	0,61	0,74	0,88	1,03	1,19	1,37	1,56	
60	0,09	0,12	0,14	0,16	0,18	0,21	0,23	0,26	0,28	0,31	0,33	
90	−0,01	−0,04	−0,05	−0,07	−0,07	−0,05	−0,04	−0,03	−0,04	−0,07	−0,09	
120	−0,07	−0,08	−0,09	−0,11	−0,11	−0,12	−0,12	−0,14	−0,15	−0,16	−0,17	
150	−0,08	−0,09	−0,09	−0,11	−0,13	−0,18	−0,22	−0,26	−0,31	−0,37	−0,43	
180	−0,08	−0,09	−0,10	−0,13	−0,17	−0,22	−0,28	−0,35	−0,44	−0,54	−0,65	
0	0,17	0,30	0,40	0,52	0,64	0,78	0,94	1,10	1,28	1,47	1,67	17
30	0,16	0,27	0,36	0,46	0,58	0,70	0,83	0,96	1,11	1,26	1,43	
60	0,09	0,13	0,16	0,18	0,20	0,21	0,24	0,26	0,29	0,32	0,34	
90	0,00	−0,03	−0,05	−0,06	−0,08	−0,09	−0,08	−0,06	−0,05	−0,03	−0,05	
120	−0,06	−0,10	−0,10	−0,12	−0,14	−0,14	−0,14	−0,15	−0,16	−0,17	−0,18	
150	−0,09	−0,11	−0,12	−0,12	−0,12	−0,14	−0,19	−0,23	−0,27	−0,32	−0,37	
180	−0,09	−0,11	−0,12	−0,13	−0,15	−0,19	−0,23	−0,29	−0,35	−0,43	−0,52	

ΔV_h уз

q_h°	h м											V_0 уз
	1,0	1,5	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
0	0,27	0,41	0,56	0,82	1,07	1,29	1,50	1,69	1,88	2,05	2,22	14
30	0,27	0,41	0,55	0,80	1,04	1,25	1,45	1,64	1,82	1,99	2,15	
60	0,26	0,38	0,51	0,75	0,96	1,15	1,32	1,49	1,64	1,78	1,92	
90	0,24	0,36	0,47	0,66	0,84	0,99	1,13	1,25	1,32	1,47	1,57	
120	0,22	0,30	0,41	0,57	0,70	0,80	0,89	0,96	1,02	1,07	1,11	
150	0,21	0,29	0,57	0,49	0,57	0,63	0,66	0,67	0,67	0,65	0,61	
180	0,20	0,28	0,35	0,46	0,52	0,55	0,56	0,54	0,49	0,41	0,29	
0	0,30	0,45	0,60	0,88	1,14	1,37	1,59	1,80	1,99	2,17	2,35	17
30	0,29	0,44	0,59	0,86	1,11	1,35	1,55	1,75	1,93	2,11	2,27	
60	0,28	0,42	0,56	0,81	1,04	1,31	1,43	1,60	1,76	1,92	2,06	
90	0,26	0,38	0,51	0,73	0,73	1,09	1,21	1,25	1,38	1,57	1,73	
120	0,25	0,36	0,47	0,65	0,80	1,06	1,09	1,12	1,20	1,27	1,33	
150	0,23	0,33	0,43	0,58	0,69	0,79	0,84	0,89	0,92	0,94	0,95	
180	0,23	0,31	0,41	0,55	0,65	0,73	0,76	0,79	0,80	0,79	0,76	

w, q_w — скорость и курсовой угол ветра
h, q_h — высота и курсовой угол волны

Для практических расчетов продолжительности движения значения S и $V_з$ задаются, $S_р$ и $S_т$ выбираются из судовых документов — данных о ходовых испытаниях судов, либо рассчитываются по формулам М. А. Гречина [33].

Ветроволновые потери скорости хода можно рассчитывать по теоретическим формулам так называемого энергетического метода [154]. Достоинство этого метода состоит в том, что он позволяет рассчитывать отдельно волновую и ветровую составляющие потерь скорости хода. Это особенно важно для тех случаев, когда направление ветра и волнения не совпадают.

Ветроволновая потеря скорости (в м/с) равна

$$\Delta V = \Delta V_w + \Delta V_h. \qquad (4)$$

На практике скорость судна определяется в узлах, поэтому значения ΔV_w и ΔV_h, рассчитанные по формулам энергетического метода, необходимо умножить на коэффициент 1,95.

Все параметры, характеризующие определенный тип судна, следует получить из судовых сертификатов.

Параметры ветра и волнения выбирают или рассчитывают с помощью навигационных гидрометеорологических пособий [168].

Следует рекомендовать для каждого типа экспедиционного судна расчет таблиц —«Ветровых и волновых составляющих ветроволновых потерь» подобно табл. 1.

2. Продолжительность нахождения судна на океанографической станции

Продолжительность нахождения судна на океанографической станции зависит от времени: а) которое проходит от момента, соответствующего записи в судовом журнале *легли в дрейф* до момента, когда начались океанографические работы; б) затрачиваемого на собственно океанографические работы; в) которое проходит от конца океанографических работ до момента, соответствующего записи в судовом журнале *дали ход*.

В дальнейшем будем определять это суммарное время термином *продолжительность дрейфа судна*.

В общем виде продолжительность дрейфа судна определяется:

$$T_{др} = T_о + \Delta T_{др}, \qquad (5)$$

где $T_о$ — продолжительность собственно океанографических работ; $\Delta T_{др}$ — превышение продолжительности дрейфа над продолжительностью собственно океанографических работ.

На каждой станции $T_{др}$ зависит от состава работ, общей глубины станции, количества горизонтов наблюдений и гидрометеорологических условий.

Статистическая обработка специальных серий наблюдений на судах типа НИС «Профессор Визе» показала, что величина $\Delta T_{др}$

зависит в первую очередь от гидрометеорологических условий. Для практических расчетов можно принять следующие значения:

w м/с	<10	>16
h м	<3	>4
$\Delta T_{др}$ мин	7—12	20—25

Продолжительность собственно океанографических работ на станции зависит от времени, которое затрачивается на подвеску приборов, стравливание троса, выдержки приборов на заданных горизонтах, срабатывания приборов, выбирания троса и снятия приборов.

Для расчета общей продолжительности океанографических работ можно рекомендовать следующие зависимости:

а) при работе с серией батометров

$$T_о = n(t_п + t_{сн}) + t_в + Z(V_{ст}^{-1} + V_{гр}^{-1} + V_{вб}^{-1}); \quad (6)$$

б) при работе с серией БПВ

$$T_о = n(t_п + t_{сн}) + t_в + Z(V_{ст}^{-1} + V_{вб}^{-1}); \quad (7)$$

в) при работе с зондом-батометром

$$T_о = (t_п + t_{сн}) + Z(V_{ст}^{-1} + V_{вб}^{-1}), \quad (8)$$

где n — число горизонтов наблюдений; $t_п$ — время подвески одного прибора, мин; $t_{сн}$ — время снятия одного прибора, мин; $t_в$ — время выдержки серии приборов, мин; Z — суммарная длина вытравленного троса с учетом угла отклонения, м; $V_{ст}$ — скорость стравливания троса, м/мин; $V_{вб}$ — скорость выбирания троса, м/мин; $V_{гр}$ — скорость движения посыльного грузика, м/мин.

При работе с серией однородных приборов продолжительность собственно океанографических работ рассчитывается от момента подвески первого прибора до момента снятия последнего прибора с троса.

Если на океанографической станции осуществляется спуск различных приборов одновременно с нескольких тросов, то за $T_о$ следует принимать время работы с серией приборов большей продолжительности. При последовательно выполняемых сериях — сумму продолжительности выполнения всех серий.

3. Расчет продолжительности работ на многосерийных океанографических станциях

Когда выполняется одна океанографическая станция из m серий, суммарная продолжительность собственно океанографических работ определяется произведением

$$mT_о = T_{mо}.$$

Превышение продолжительности дрейфа судна $\Delta T_{др}$ на многосерийной станции над суммарной продолжительностью собственно океанографических работ T_{mo} определяется двумя промежутками времени: 1) от момента, когда судно легло в дрейф, до момента — начала работ на первой серии и 2) от момента конца работ на серии до момента, когда судно дало ход, направляясь в новый район работ.

Значения $\Delta T_{др}$ на многосерийных станциях намного превышает подобные величины для однократных океанографических станций. Так, по данным XI и XIII рейсов НИС «Профессор Визе» и «Профессор Зубов» значения $\Delta T_{др}$ равны 2—3 ч.

С учетом вышесказанного суммарная продолжительность нахождения судна $T_{mдр}$ на многосерийной станции равна

$$T_{mдр} = mT_{о} + \Delta T_{др}. \qquad (9)$$

Когда судно должно выполнить многосерийные океанографические станции в M точках, то общая продолжительность выполнения таких работ определяется выражением

$$T_{M} = \sum_{i=1}^{M} \sum_{K=1}^{m} T_{о} + \sum_{i=1}^{M} \Delta T_{др} + \sum_{i=1}^{M-1} T_{Mд}. \qquad (10)$$

Если расстояние между точками S незначительно, приходится учитывать участки разгона ($S_{р}$) и торможения ($S_{т}$) экспедиционного судна. Практически для крупных экспедиционных судов (водоизмещение 3—7 тыс. т) такой учет следует производить, если планируемое расстояние S между смежными многосерийными станциями не превышает 30 м. миль.

В этом случае продолжительность движения судна между точками следует рассчитывать по формуле (3).

Если расстояние S между смежными многосерийными океанографическими станциями превышает 30 миль, продолжительность движения судна между M точками надо рассчитывать по формуле (2).

4. Расчет продолжительности работы на океанографических разрезах

Продолжительность работ на океанографическом разрезе $T_{рз}$ определяется продолжительностью дрейфа судна на m станциях разреза и временем, которое затрачивается на движение между станциями. В общем виде продолжительность работ на океанографическом разрезе

$$T_{рз} = \sum_{i=1}^{m-1} T_{д} + \sum_{K=1}^{m} (T_{о} + \Delta T_{др}). \qquad (11)$$

Если необходимо рассчитать продолжительность работ на разрезах выполняемых в одном районе, то приходится учитывать три

составляющие: 1) сумму продолжительности дрейфа судна на океанографических станциях N разрезов; 2) сумму времени, затрачиваемого на движение между станциями на N разрезах и 3) сумму времени движения судна с разреза на разрез.

В этом случае продолжительность работ на N океанографических разрезах определяется выражением

$$T_{N\text{р}}=\sum_{i=1}^{N}\sum_{K=1}^{m}(T_{\text{о}}+\Delta T_{\text{др}})+\sum_{i=1}^{N}\sum_{K=1}^{m-1}T_{\text{дв}}+\sum_{i=1}^{N-1}T_{\text{дв}}. \qquad (12)$$

Если расстояние между океанографическими разрезами не превышает 30 миль, то составляющую следует рассчитывать по формуле (3).

Если выполняется группа разрезов, расстояние между которыми S превышает 30 м. миль, третья составляющая определяется из выражения (2).

5. Продолжительность работ на буйковом полигоне

При постановке глубоководной буйковой станции часто выполняется m_1 серий океанографических станций в пяти точках. Четыре из них выполняются по углам квадрата, а пятая в точке пересечения диагоналей квадрата. Эта точка располагается в непосредственной близости от места установки буйковой станции.

Общая продолжительность работ на буйковом полигоне складывается из времени, затрачиваемого на:

а) постановку и подъем буйковой станции:

б) выполнение океанографических работ на 5 станциях полигона при m_1 сериях;

в) переход между 5 станциями полигона при m_1 сериях.

Продолжительность постановки и подъема буйковой станции $T_{\text{б}}$ в зависимости от глубины места постановки H и погодных условий определяется опытным путем.

Так, для экспедиционных судов типа НИС «Профессор Визе» были получены следующие осредненные данные:

H м	1000	2000	3000	4000
$T_{\text{б}}$ ч ...	4,0	4,3	5,0	8,5

При расчете продолжительности дрейфа судна на 5 станциях полигона следует учитывать, что на центральной станции полигона (T_1) это время в 2 раза больше, чем на остальных станциях. Такое увеличение времени дрейфа связано с необходимостью контроля за поведением буйковой станции. Поэтому продолжительность дрейфа на 5 станциях полигона следует определять:

$$T_{\text{дрп}}=2T_1+T_2+T_3+T_4+T_5, \qquad (13)$$

где T_1, T_2, T_3, T_4, T_5 — продолжительность дрейфа на каждой станции полигона.

С учетом (7) и (12) получаем

$$T_{\text{дрп}}=\sum_{i=1}^{6}(T_{\text{о}}+\Delta T_{\text{др}})_i. \qquad (14)$$

Продолжительность плавания между 5 станциями полигона рассчитывается как для разреза из 5 станций. Общая продолжительность работ на полигоне $T_{\text{п}}$ при m_1 сериях наблюдений, с учетом времени постановки и снятия буйковой станции $T_{\text{б}}$ равна

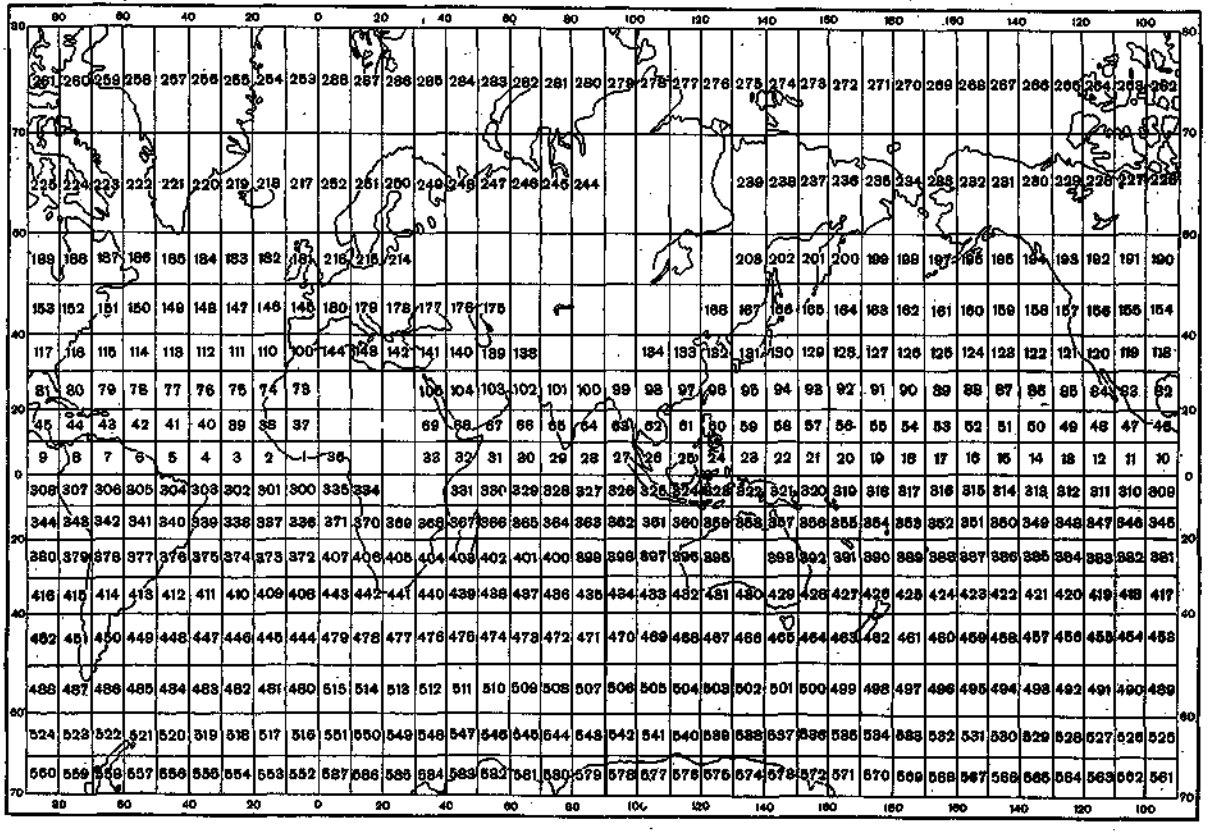
$$T_{\text{п}}=m_1\sum_{i=1}^{6}(T_{\text{о}}+\Delta T_{\text{др}})_i+m_1\sum_{K=1}^{5}T_{\text{д}}+T_{\text{б}}. \qquad (15)$$

При выполнении N_1 буйковых полигонов расчет следует производить по формуле

$$T_{N_1\text{п}}=\sum_{l=1}^{6}m_1\sum_{i=1}^{6}(T_0+T_{\text{др}})_l+\sum_{l=1}^{N_1}m_1\sum_{K=1}^{5}T_{\text{дв}}+\sum_{l=1}^{N_1}T_{\text{б}}+\sum_{n=1}^{N_1-1}T_{\text{дв}}. \qquad (16)$$

При выполнении N_1 буйковых полигонов, отстоящих на расстоянии S менее 30 м. миль, расчет четвертой составляющей следует производить по формуле (3), а если расстояние между буйковыми полигонами более 30 м. миль, то по формуле (2).

Предложенная схема расчета продолжительности океанологических работ может быть использована и при других видах морских экспедиционных исследований.



Нумерация десятиградусных квадратов Марсдена.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Автоматическая буйковая станция.— В кн.: Проблемы получения и обработки информации о физическом состоянии океана. Севастополь, МГИ АН УССР, 1967, с. 115—121. Авт.: Анблагов В. Г., Васильев Л. Н., Гапамаджян С. С., Доценко С. В., Ерошко А. А., Забурдаев В. И., Назаров В. С., Парамонов А. Н., Петров В. А., Сытников В. Ф.

2. Алексеев Ю. К. Фоторегистрирующий термометр. Авт. свид. № 78636.— «Бюлл. изобр.», 1949, № 12. 2 с.

3. Архангельский А. П. Логарифмирование больших токов.— «Труды МИФИ», 1960, с. 25—51.

4. Бовшеверов В. М., Воронов В. П. Акустический флюгер.— «Изв. АН СССР. Сер. геофиз.», 1960, № 6, с. 882—885.

5. Бовшеверов В. М., Копров Б. М., Мордухович М. И. О трехкомпонентном акустическом анемометре.— «Изв. АН СССР. Физика атмосферы и океана», 1973, т. 9, № 4, с. 434—437.

6. Богородский М. М. Сравнение градиентов наблюдений над скоростью ветра, произведенных с вехи Фруда и с судовой градиентной установки.— «Океанология», 1966, т. 6, № 2, с. 347—354.

7. Богданов К. Т., Иванов Ю. А. О причинах обрыва троса при взятии глубоководных серий батометров.— «Метеорология и гидрология», 1958, № 8, с. 49—50.

8. Богушевский А. П., Ли М. Е., Шерстянкин П. П. Морской широкодиапазонный логарифмический фотометр.— «Морские гидрофизические исследования», 1973, № 2 (61), с. 173—179.

9. Боришанский Л. С. Руководство по производству работ на стандартных гидрологических разрезах и при морских гидрологических съемках. Л., Гидрометеоиздат, 1954. 555 с.

10. Бортковский Р. С., Бютнер Э. К., Преображенский Л. Ю. Экспериментальное исследование структуры приводного слоя воздуха над океаном.— «Труды ГГО», 1967, вып. 205, с. 122—133.

11. Бурдун Г. Д. Справочник по международной системе единиц. М., Изд-во стандартов, 1972. 231 с.

12. Бурков В. А. Об обеспеченности заданной глубины гидрологических наблюдений.— «Труды ИОАН», 1957, т. 25, с. 55—61.

13. Бурков В. А., Богданов К. Т. Кратковременные автономные станции наблюдений над течениями.— «Метеорология и гидрология», 1957 , № 10, с. 37—39.

14. Бурков В. А., Ципис Я. Л. Механизированная обработка океанографических характеристик.— «Труды ИОАН», 1964, т. 75, с. 3—61.

15. Васильев А. С. Круговая линейка для расчета редукционных поправок глубоководных опрокидывающих термометров.— В кн.: Гидрологические и гидрохимические исследования в тропической зоне Атлантического океана. Т. 33. «Наукова думка», 1964, с. 142—146.

16. Виленский Я. Г. Радиоизмеритель волн открытого моря ГМ-32.— «Методические указания ГОИН», 1965, вып. 28. 84 с.

17. Виленский Я. Г., Глуховский Б. Х. Тензометрический судовый волнограф ГМ-16.— «Труды ГОИН», 1959, вып. 47, с. 48—79.

18. Виленский Я. Г. Радиоизмеритель течений ГМ-33. Судовой дистанционный самописец течения ГМ-45.— «Методические указания ГОИН», 1965, вып. 27. 64 с.

19. Влажность. Измерение и регулирование в научных исследованиях и технике. Т. 1. Л., Гидрометеоиздат, 1967. 566 с.

20. Волков Ю. А., Копров Б. М. К методике измерения турбулентных потоков тепла, влаги и количества движения с борта судна.— В кн.: Тропэкс-72. Л., Гидрометеоиздат, 1974, с. 313—318.

21. Воробьев А. Г. Теоретические основы определения элементов течения по дрейфу свободноплавающей вехи.— «Учен. зап. ВАМУ», 1952, вып. 3, с. 49—52.

22. Вопросы физики моря. Изд. МГИ АН УССР, Севастополь, 1972. 116 с.

23. Временные методические указания по машинной обработке и контролю данных гидрометеорологических наблюдений, вып. 9, ч. 3, Обнинск, 1975. 125 с.

24. Гапамаджян С. С., Ерошко А. А., Назаров В. С. О некоторых результатах постановки АБС.— Экспресс-информация, «Промысловая океанология и подводная техника», 1973, № 7. 115 с.

25. Гаценко Б. М. Номограмма для определения глубины погружения термоглубомера.— «Труды ДВНИГМИ», 1964, вып. 17, с. 112—115.

26. Гаценко Б. М. Способы определения редукционных поправок глубоководного опрокидывающегося термометра.— «Труды ДВНИГМИ», 1960, вып. 13, с. 60—67.

27. Гаценко Б. М. Влияние параметров ориентации кабеля на измерения морских течений ЭМИТ.— «Труды ДВНИГМИ», 1964, вып. 17, с. 76—84.

28. Глазунов В. А. Фоторегистрирующий глубоководный термограф.— «Труды ИОАН», 1962, т. 55, с. 23—28.

29. Глинский Н. Г. Графическое вычисление глубины погружения термоглубомеров.— «Труды МГИ АН УССР», 1964, т. 30, с. 55—58.

30. Глозман И. А. Пьезокерамика. М., «Энергия», 1967. 272 с.

31. Глуховский Б. Х. Исследование морского ветрового волнения. Л., Гидрометеоиздат, 1966. 284 с.

32. Гоптарев Н. П., Овсянников А. Н. Использование автономных передвижных станций в системе комплексной автоматизации морских гидрометеорологических наблюдений.— «Метеорология и гидрология», 1971, № 9, с. 102—105.

33. Гречин М. А. Расчет характеристик разгона и торможения судна — «Труды ЦНИИМФа», 1958, вып. 15, с. 97—109.

34. Демидович Б. П., Марон И. А. Основы вычислительной математики. М., «Наука», 1970. 664 с.

5. Денисов А. С. Линейка для вычисления редукционных поправок к показаниям глубоководных термометров.— «Труды ААНИИ», 1961, т. 210, вып. 1, с. 128—130.

6. Дремлюг В. В. Радиолокационный метод наблюдений над морскими течениями.— «Труды ААНИИ», 1961, т. 210, вып. 1, с. 111—116.

7. Дремлюг В. В. О характере движения судна между гидрологическими станциями.— «Гидрография и гидрометеорология», 1972, вып. 1, с. 62—67.

8. Дубровин Л. И. К методике обработки морских гидрологических наблюдений.— «Проблемы Арктики и Антарктики», 1960, вып. 2, с. 113—118.

9. Дуванин А. И., Морозов Н. П., Скибко Н. Е. О новых характеристиках взволнованной поверхности моря по регистрациям точечных волнографов.— «Труды МГИ», 1962, т. 25, с. 48—56.

10. Ерлов Н. Г. Оптическая океанография. Пер. с англ. М., «Мир», 1970. 224 с.

11. Ерошко А. А., Павловский И. Б. Система телеметрического контроля автоматического буйкового комплекса.— В кн.: Автоматизация научных исследований морей и океанов. Симпозиум 1971 г., Севастополь, изд. МГИ АН УССР, 1972, с. 42—47.

12. Ефимов В. В., Сизов А. А., Христофоров Г. Н. Волнограф с коаксиальным емкостным датчиком.— В кн.: Методика и аппаратура для гидрофизических исследований. Т. 41, Киев, «Наукова думка», 1969, с. 97—101.

13. Ефимов В. В., Сизов А. А., Христофоров Г. Н. Притопленная градиентная станция для исследования структуры пограничных слоев атмосферы и океана.— Экспресс-информация «Исследования в области физики океана». 1969, № 13, с. 67—78.

14. Ефимов В. В., Христофоров Г. Н. Реверсивный датчик скорости течений.— В кн.: Методика и аппаратура для гидрофизических исследований. МГИ, т. 41. Киев, «Наукова думка», 1969, с. 93—97.

15. Желудев Н. А. Условия и методика применения штурманских термобатиграфов.— «Труды ЛГМИ», 1954, № 3, с. 177—202.

16. Жохов А. Д., Максимов Б. А. Метод контактного измерения температуры поверхностного слоя воды на ходу судна.— «Труды ГОИН», 1973, вып. 117, с. 68—77.

17. Жохов А. Д., Максимов Б. А. Устройство для судовых дистанционных измерений параметров поверхностного слоя воды. Авт. свид. № 390381 от 20 апреля 1973 г. ГОИН. 2 с.

18. Забурдаев В. И., Калашников П. А. К вопросу разработки единого метода расчета солености морской воды по удельной электропроводности, температуре и гидростатическому давлению.— «Морские гидрофизические исследования», 1975, № 3 (70), с. 141—151.

19. Заклинский А. Б., Назаретский Л. Н. О подработке машиной судна на дрейфовых океанографических станциях.—«Труды МГИ АН УССР», 1960, т. 19, с. 103—111.

20. Заклинский А. Б. Изменения в конструкции белого диска.— «Метеорология и гидрология», 1959, № 9, с. 40.

21. Зубов Н. Н. Океанологические таблицы. Л., Гидрометеоиздат, 1957. 406 с.

22. Зубов Н. Н., Сиротов К. М. Альбом океанологических графиков. М., Гидрометеоиздат, 1941, с. 1—52.

23. Зубковский С. Л., Кравченко Т. К. Прямые измерения некоторых характеристик атмосферной турбулентности в приводном слое.— «Изв. АН СССР. Физика атмосферы и океана», 1967, т. 3, № 2, с. 127—135.

54. Иванов Г. С. Номенклатура океанографических приборов и оборудования разового производства.— «Бюл. океаногр. комис. АН СССР», 1960, № 4 с. 19—27.

55. Иванов Г. С., Боришанский Л. С. Применение батитермографа в океанографических исследованиях — «Методические указания ГОИН», 1960 вып. 16, 35 с.

56. Извеков М. В. Измерение элементов дрейфа в районах с большими глубинами.— «Труды ААНИИ», 1961, т. 210, вып. 1, с. 94—101.

57. Измерение турбулентных параметров приводного слоя атмосферы с корабля.— В кн.: Тропэкс-72. Л., Гидрометеоиздат, 1974, с. 287—304. Авт.: Иванов В. Н., Линкин В. Н., Мазурин Н. Ф., Некрасов М. В., Скачков В. А., Челмаков М. А.

58. Измерение температуры поверхности океана на ходу судна.— «Труды МГИ АН УССР», 1966, т. 36, с. 103—107. Авт.: Исаев И. А., Науменко М. Ф., Чиграков К. И., Шутов А. П.

59. Инструкция по заполнению таблицы инструментальных волнографных наблюдений. Обнинск, ЦОД, 1969. 18 с.

60. Инструкция по заполнению и перфорации глубоководных гидрологических и гидрохимических наблюдений ТГМ-3М. М., ГОИН, НИИАК, 1962. 12 с.

61. Инструкция по заполнению таблицы наблюдений над течениями ТГМ-16м. М., ГОИН, 1965. 5 с.

62. Инструкция по заполнению таблицы и перфорации морских прибрежных гидрологических наблюдений. М., ГОИН—НИИАК, 1960. 17 с.

63. Инструкция по подготовке исторических глубоководных данных, находящихся в литературных источниках, к переносу на перфоленту и правила перфорации этих данных. Обнинск, ВНИИГМИ-МЦД, 1973. 65 с.

64. Информационное письмо № 1 «Персей». М., ГОИН, 1970. 9 с.

65. Исследование влияния судна на поля метеорологических элементов.— В кн.: Тропэкс-72. Л., Гидрометеоиздат, 1974, с. 603—608. Авт.: Кравчук Ю. А., Линкин В. М., Меньшов Ю. А., Скачков В. А.

66. Каминский Г. П., Рабинович М. Ю., Шевцов А. Т. Подводный углограф.— «Труды НИИГМП», 1973, вып. 29, с. 75—78.

67. К анализу турбулентности по измерениям пульсаций температуры в море.— «Вестн. МГУ. Серия физ., астрономия», 1971, № 6, с. 721—724. Авт.: Андреев Е. Г., Лаворно В. С., Пивоваров А. А., Хунджуа Г. Г.

68. Катушкин В. П., Ветров В. В. Емкостной датчик для измерения влажности воздуха.— «Труды НИИГМП», 1972, вып. 26, с. 48—52.

69. Качурин Л. Г. Электрические измерения аэрофизических величин. Л., Изд. ЛГУ, 1962, 488 с.

70. Кедроливанский В. Н., Стернзат М. С. Метеорологические приборы. Л., Гидрометеоиздат, 1953. 544 с.

71. Киреев И. А. Таблицы истинной глубины погружения серии батометров.— «Северный морской путь», 1939, т. 14, с. 85—99.

72. Киреев И. А. Об определении истинной глубины погружения батометров.— «Северный морской путь», 1938, т. 9, с. 99—103.

73. Киреев И. А. Поправка на отклонение лотлиня от вертикали.—«Северный морской путь», 1937, т. 7, с. 5—53.

74. Китайгородский С. А., Волков Ю. А. О параметре шероховатости морской поверхности и расчете турбулентных потоков количества движения в приводном слое атмосферы.— «Изв. АН СССР. Физика атмосферы и океана», 1965, т. 1, № 9, с. 973—988.

75. Клебан Л. С., Шендерович И. М. Батометр большого объема.— «Труды НИИГМП», 1965, вып. 14, с. 10—15.

76. Клеванцова В. А., Бортковский Р. С., Преображенский Л. Ю. О методах градиентных наблюдений в море.— «Труды ГГО», 1964, вып. 150, с. 85—94.

77. Козлов М. В. Система автоматизированного сбора и обработки информации по волнению с применением ЭВМ «Минск-22», «Минск-32».— «Труды ГОИН», 1975, вып. 126, с. 215—223.

78. Козлянинов М. В. Руководство по гидрооптическим измерениям в море.— «Труды ИОАН», 1961, т. 47, с. 37—79.

79. Колесников А. Г., Ефимов В. В. Аппаратура для измерения энергии, передаваемой нормальным давлением ветра морским волнам.— «Океанология», 1964, т. 4, вып. 3, с. 505—512.

80. Колесников А. Г., Ефимов В. В. Исследование пограничных слоев атмосферы и океана.— «Морские гидрофизические исследования», 1970, № 1 (47), с. 109—124.

81. Комиссаров Л. Г. Альбом графиков условной плотности морской воды. Л., Гидрометеоиздат, 1962. 23 с.

82. Комиссаров Л. Г. Альбом графиков редукционных поправок к глубоководным термометрам. Л., Гидрометеоиздат, 1962. 25 с.

83. Контобойцева Н. В. Статистические характеристики пульсаций температуры, модуля скорости и волнового давления в приповерхностном слое моря.— «Изв. АН СССР. Физика атмосферы и океана», 1967, т. 3, № 2, с. 189—197.

84. Корсунский Л. М. Электромагнитные гидрометрические приборы. М., Изд-во стандартов, 1964. 180 с.

85. Кречмер С. И. Методика измерений микропульсаций скорости ветра и температуры в атмосфере.— «Труды Геофизического ин-та» АН СССР, 1954, № 24 (151), с. 43—111.

86. Кречмер С. И., Карпович Ю. В. Ультрафиолетовый датчик влажности.— «Тезисы докладов и сообщений конференции по усовершенствованию методов определения влагосодержания». Изд. Госстрой УССР, 1970. 157 с.

87. Кречмер С. И., Карпович Ю. В. Малоинерционный ультрафиолетовый влагомер.— «Изв. АН СССР. Физика атмосферы и океана», 1973, т. 9, № 6, с. 642—645.

88. Кречмер С. И., Гайдай Г. П. Использование вакуумного ультрафиолетового излучения для измерений пульсаций влажности.— «ДАН СССР», 1973, 208, № 1, с. 81—83.

89. Крылов А. Н. О равновесии шаровой мины на течении. Собр. соч., т. 9, ч. 2. АН СССР, 1949, с. 183—202.

90. Кудрявцев Н. Ф. Вопросы повышения точности измерения направления морских течений.— «Труды ААНИИ», 1961, т. 210, вып. 1, с. 75—84.

91. Кудрявцев Н. Ф. К проблеме измерения поверхностных течений при наличии волнения в море.— «Труды ААНИИ», 1963, т. 254, вып. 2, с. 7—12.

92. Кудрявцев Н. Ф., Гордиенко П. А. Об определении скорости и направления дрейфа по льду.— «Проблемы Арктики», 1959, № 7, с. 67—71.

93. Кудрявцев Н. Ф. К методике измерения поверхностных течений по наблюдениям за дрейфом свободноплавающих устройств.— «Проблемы Арктики и Антарктики», 1960, вып. 2, с. 107—113.

94. Кудрявцев Н. Ф. Опыт и задачи применения радиолокации в исследованиях морских течений.— В кн.: Применение радиофизических методов в океанографических и ледовых исследованиях. Л., ААНИИ, 1965, с. 63—74.

95. Кузнецов О. А., Филиппов И. А. Градиентная установка для измерения скорости ветра в нижней части приземного слоя воздуха над поверхностью моря. «Океанология», 1965, т. 5, вып. 1, с. 166—169.

96. Кузнецов А. И. Судовой термограф СТ-55.— «Труды ИОАН», 1959, т. 35, с. 61—64.

97. Кулешов С. В., Назаров В. С. Радиотелеметрическая линия для передачи данных с автоматических буйковых станций.— «Морские гидрофизические исследования», 1971, № 1, с. 144—156.

98. Кутько В. П., Хозяинов П. И. О дополнении к макету гидрологической перфокарты № 46.— «Труды ВНИИГМИ-МЦД», 1974, вып. 3, с. 77—80.

99. Лагутин Б. Л. Методы и приборы для изучения течений в море.— «Труды ГОИН», 1955, вып. 30 (42), с. 13—32.

100. Лагутин Б. Л., Кудрявцев Н. Ф., Ширей В. А. Постановка океанографических приборов на автономную работу в море.— «Методические указания ГОИН», 1963, № 21. 76 с.

101. Ли М. Е., Михайлов Э. А., Неуймин Г. Г. Новый логарифмический прозрачномер.— «Экспресс-информация МГИ», вып. 16, Севастополь, 1969, с. 180—189.

102. Ли М. Е. Универсальный широкодиапазонный фотометр для измерения подводного светового поля.— «Морские гидрофизические исследования», 1974, № 4, с. 117—125.

103. Максимов Б. А. Дополнительные указания по эксплуатации волнографа ГМ-16 в море. М., Изд. ГОИН, 1960. 48 с.

104. Максимов Б. А. Прибрежный волнограф ГМ-61.— «Методические указания ГОИН», 1973, вып. 38. 33 с.

105. Максимов Б. А. Судовой волнограф ГМ-62.— «Методические указания ГОИН», 1974, вып. 39. 57 с.

106. Максимов И. В. Таблицы для обработки наблюдений над течениями в море. Л., «Морской транспорт», 1957. 94 с.

107. Макова В. И. Связь спектров турбулентности в приводном слое атмосферы со спектром поверхностного волнения.— «Океанология», 1965, т. 5, вып. 4, с. 592—605.

108. Макова В. И. Коэффициент трения и параметр шероховатости морской поверхности при больших скоростях ветра.— «Труды ГОИН», 1968, вып. 93, с. 173—190.

109. Макова В. И., Пономарев В. Н. Особенность спектров ветра при больших его скоростях и сильном волнении в приводном слое атмосферы.— «Труды ГОИН», 1970, вып. 99, с. 68—73.

110. Макова В. И. Экспериментальное исследование мелкомасштабного взаимодействия океана и атмосферы в различных гидрометеорологических ситуациях. Автореф. на соискание учен. степени канд. физ.-мат. наук. М., 1972. 18 с.

111. Ман Н. А. Проведение океанографических станций в условиях штормовой погоды при помощи работы главных судовых двигателей.— «Труды ИОАН», 1962, т. 55, с. 185—187.

112. Маньковский В. И., Семенихин В. М., Неуймин Г. Г. Морской погружаемый нефелометр.— «Морские гидрофизические исследования», 1970, № 2, с. 171—181.

113. Маньковский В. И. Логарифмический импульсный фотометр.— «Морские гидрофизические исследования», 1970, № 4 (50), с. 143—148.

114. Международные океанологические таблицы. Вып. 1. М., Гидрометеоиздат, 1969. 107 с.

115. Международные океанологические таблицы. Т. 2. Ж., ЮНЕСКО, 1973. 141 с.

116. Методика оценки эффективности использования научно-исследовательских судов Гидрометслужбы СССР. М., Гидрометеоиздат, 1976. 85 с.

117. Методика гидрологических работ в открытом море.— «Труды ИОАН», 1957, т. 24, с. 5—172. Авт.: Бурков В. А., Богданов К. Т., Гамутилов А. Е., Ширей В. А.

118. Методы изучения морских течений с самолета. М., «Наука», 1964. 228 с. Авт.: Зданович В. Г., Шариков Ю. Д., Бабков А. И., Юрковский О. А.

119. Методы и технические средства океанографических наблюдений.— «Труды ГОИН», 1973, вып. 117, 112 с.

120. Мореходные таблицы 1943 г. Изд. 2-е. Л., Изд-во ВМС, 1949. 315 с.

121. Морозов А. Ф., Проценко С. Н., Штыркова Н. И. Программа вычисления океанографических характеристик («Океан-3»).— В кн.: Программы для ЭЦВМ «Минск-22», составленные в Центре океанографических данных в 1969 г. М., Гидрометеоиздат, 1971, с. 6—67.

122. Муратов А. Н., Балашков И. В. Способ измерения скорости течения на ходу судна.— Авт. свид. № 1370274/18—10.—«Бюлл. изобр.», 1969, № 10. 2 с.

123. Наблюдения на гидрометеорологической сети СССР. Определение понятий гидрометеорологических элементов и оценка точности наблюдений. Раздел 4. Л., Гидрометеоиздат, 1970, с. 60—65.

124. Наставление гидрометеорологическим станциям и постам. Вып. 9, ч. 2. М., Гидрометеоиздат, 1964. 367 с.

125. Наставление гидрометеорологическим станциям и постам. Вып. 9, ч. 3. Л., Гидрометеоиздат, 1971. 150 с.

126. Наставление гидрометеорологическим станциям и постам. Вып. 9, ч. 4. Л., Гидрометеоиздат, 1956. 155 с.

127. Наставление гидрометеорологическим станциям и постам. Вып. 9, ч. 1. Л., Гидрометеоиздат, 1968, с. 113—158.

128. Некоторые вопросы обработки автоматизированных гидрологических измерений.— «Морские гидрофизические исследования», 1974, № 4 (67), с. 183—194. Авт.: Забурдаев В. И., Иванов А. Ф., Кушнир В. М., Смирнов Г. В.

129. Немченко В. И. Измерение температуры поверхности моря на ходу судна.— «Труды МГИ АН УССР», 1962, т. 26, с. 74—77.

130. Неуймин Г. Г. Исследования неоднородностей распределения оптических характеристик вод морей и океанов.— «Морские гидрофизические исследования», 1969, № 2 (44), с. 183—199.

131. Никитин И. С. Радиолокационный метод изучения морских течений.— «Метеорология и гидрология», 1957, № 4, с. 47—50.

132. Никитин И. С. Оценка точности и применимости радиолокационного метода исследований течений.— «Труды ГГО», 1964, вып. 150, с. 145—151.

133. Никитин И. С. Методика изучения течений в водохранилищах радиолокационными средствами.— «Метеорология и гидрология», 1963, № 5, с. 50—53.

134. Новыш В. В. Геоэлектромагнитный метод измерения морских течений.— «Труды ГОИН», 1955, вып. 30 (42), с. 93—105.

135. Новыш В. В. Электромагнитный метод измерения морских течений и его применение в навигации.— «Морской флот», 1956, № 5, с. 75—91.

136. Новая буйковая океанографическая станция.— «Записки по гидрографии», 1974, № 192, с. 32—38.

137. Один из методов определения солености по удельной электропроводности, температуре и гидростатическому давлению морской воды.— «Морские гидрофизические исследования», 1969, № 1 (43), с. 250—254. Авт.: Забурдаев В. И., Добрускина Л. М., Ляшенко Е. Ф., Поплавская М. Г.

138. Океанология. Термины и определения. ГОСТ 18451—73 — ГОСТ 18458—73. М., Изд-во стандартов, 1973, 63 с.

139. Океанографические таблицы. Изд. 4-е, Л., Гидрометеоиздат, 1975. 477 с.

140. Океанологические таблицы для Каспийского, Аральского и Азовского морей. М., Гидрометеоиздат, 1964. 140 с.

141. Особенности эксплуатации самописцев течений БПВ. Методическое письмо ГОИН. М., Гидрометеоиздат, 1970. 19 с.

142. Пака В. Т., Науменко М. Ф., Чиграков К. И. Устройство для отведения дистанционных датчиков от борта судна.— «Океанология», 1966, т. 6, вып. 5, с. 313—314.

143. Правила по технике безопасности при производстве гидрометеорологических работ. Л., Гидрометеоиздат, 1970. 132 с.

144. Правила по технике безопасности на морских судах Министерства транспортного строительства. М., Оргтрансстрой, 1972. 160 с.

145. Преображенский Л. Ю. Опыт постановки структурных измерений на НИСП «Пассат».— В кн.: Тропэкс-72. Л., Гидрометеоиздат, 1974, с. 322—325.

146. Приборы измерений пульсаций температуры и скорости ветра для статистического анализа результатов измерений.— «Атмосферная турбулентность», 1962 (Труды ИФА № 4), с. 21—29. Авт.: Бовшеверов В. М., Гурвич А. С., Мордухович М. И., Цванг Л. Р.

147. Принципы и методы измерения влажности в газах. Материалы международного симпозиума по влагометрии. Л., Гидрометеоиздат, 1967. 566 с.

148. Программы для ЭЦВМ «Минск-22», составленные в Центре океанографических данных в 1966—1967 гг. М., Гидрометеоиздат, 1969. 240 с.

149. Программы для ЭЦВМ «Минск-22», составленные в Центре океанографических данных в 1968 г. М., Гидрометеоиздат, 1969. 310 с.

150. Программы для ЭЦВМ «Минск-22», составленные в Центре океанографических данных в 1969 г. М., Гидрометеоиздат, 1971. 262 с.

151. Пугин А. А., Рехтзаммер Г. Р. Исследования волнения на морях, озерах и водохранилищах методом стереофотограмметрической съемки. Л., Гидрометеоиздат, 1955. 224 с.

152. Пясковский Р. В. Способ вычислений редукционных поправок к показаниям глубоководных термометров.— «Метеорология и гидрология», 1963, № 9, с. 50—51.

153. Реутов В. В. Разработка и исследование мостовых преобразователей сопротивления в цифровой код, уравновешиваемых с помощью параллельных делителей напряжения. Автореф. на соиск. учен. степени канд. техн. наук. 1969, Киев, 1969. 24 с. (Ин-т кибернетики.)

154. Рудяев Ф. И. Энергетический метод расчета потерь скорости хода судов на нерегулярном волнении.— «Судовождение», 1968, вып. 9, с. 124—131.

155. Руководство по гидрологическим работам в океанах и морях. Л., Гидрометеоиздат, 1967. 555 с.

156. Руководство по применению аэрометодов в океанографии, ч. I. Наблюдения над течениями. Л., Гидрометеоиздат, 1969. 131 с.

157. Руководство по применению аэрометодов в океанографии, ч. II. Наблюдения над температурой поверхности моря. Л., Гидрометеоиздат, 1971. 107 с.

158. Руководство по тарированию и поверке морских гидрологических приборов. Л., Гидрометеоиздат, 1959. 407 с.

159. Руководство по морским гидрохимическим исследованиям. М., Гидрометеоиздат, 1959. 255 с.

160. Руководство по аэрофотосъемочным работам. М., Изд. м-ва гражд. авиации, 1965. 158 с.

161. Самохвалов М. Т. Новая смазка для покрытия стекол батитермографа.— «Информ. письмо Приморского УГМС № 1 (22)». Владивосток, 1962, с. 7—9.

162. Самописцы течений системы Алексеева типа БПВ-2 и БПВ-2р. Техническое описание и инструкция по эксплуатации. Л., «Морской транспорт», 1963. 56 с.

163. Семенихин В. М., Маньковский В. И. Автоматический числоимпульсный регистратор.— «Морские гидрофизические исследования», 1970, № 3 (49), с. 130—135.

164. Силантьев А. Н. Спектрометрический анализ радиоактивных проб внешней среды. Л., Гидрометеоиздат, 1969. 65 с.

165. Снежинский В. А. Практическая океанография. М.—Л., Гидрометеоиздат, 1954. 672 с.

166. Справочник по океанографическим приборам и оборудованию. М., Изд. АН СССР, 1962. 142 с.

167. Справочник по гидрометеорологическим приборам и установкам. Л., Гидрометеоиздат, 1971, с. 251—259.

168. Справочные данные по режиму ветров и волнения в океанах. М.—Л., «Транспорт», 1965. 236 с.

169. Стельмах О. Л. Батометр «ЧЕНИС».— «Океанология», 1967, т. 7, вып. 3, с. 513—515.

170. Сухова Е. М., Лаппо С. С. Номограммы для пересчета инструментальных поправок глубоководных термометров и термометров-глубомеров. ГОИН, М., изд. ГОИН, 1960. 9 с.

171. Сысоев Н. Н. Океанологические лебедки «Океан».— «Труды ИОАН», 1951, т. 5, с. 136—143.

172. Сысоев Н. Н. О применении радиолокаторов при наблюдении течений в море.— «Труды ИОАН», 1956, т. 19, с. 117—128.

173. Сысоев Н. Н. Автономные буйковые станции.— «Информ. бюлл. Комитета МГГ, № 4», изд. АН СССР, 1958, с. 48—55.

174. Сысоев Н. Н. Буйковые станции для измерения течений в океане.— «Труды ИОАН», 1959, т. 35, с. 78—85.

175. Тараян Г. И., Воронова М. С. Определение глубины погружения океанографической аппаратуры по гидростатическому давлению.— «Записки по гидрографии», 1971, № 2 (186), с. 23—28.

176. Термопары и термометры сопротивления (ЭДС). Сводный каталог. М., Определение научно-технической информ., 1965. 153 с.

177. Терехин Ю. В., Шермазан В. Ф. Гидроакустический датчик глубины.— «Морские гидрофизические исследования», 1970, № 2 (48), с. 162—170.

178. Титов Л. Ф., Коршак Ф. А. Руководство по стереограмметрическо съемке моря. Л.—М., Изд. ГУСМП, 1948. 160 с.

179. Титов В. Б. Расчет поправок времени к моментам отпечатков самопис цев БПВ.— «Труды ААНИИ», 1963, т. 254, вып. 2, с. 71—74.

180. Титов В. Б. Об измерении элементов дрейфа льда лотовым способом.— «Труды ААНИИ», 1963, т. 254, вып. 2, с. 51—55.

181. Труды ВНИИГМИ-МЦД, 1973, вып. 2. 85 с.

182. Турбулентные потоки тепла и влаги и некоторые статистические ха рактеристики турбулентности в приводном слое воздуха тропической зон океана.— В кн.: Тропэкс-72, Л., Гидрометеоиздат, 1974, с. 305—312. Авт. Волков Ю. А., Елагина Л. Г., Копров Б. М., Кравченко Т. К.

183. Устав службы на морских судах Главного управления гидрометеорологи ческой службы при Совете Министров СССР. М., Гидрометеоиздат, 1974 147 с.

184. Федоров К. Н. Формулы для пересчета электропроводности морско воды в соленость при измерениях цифровым термосолезондом в средни океанических условиях.— «Океанология», 1971, т. 11, вып. 4, с. 739—743.

185. Филатов Н. Т. К вопросу о точности измерения температуры поверх ностного слоя моря судовыми гидрометстанциями.— «Труды ГОИН», 1971 вып. 105, с. 94—100.

186. Хрюкин Н. С. Оборудование вычислительных центров. М., «Стати стика», 1972, с. 60—68.

187. Чаплыгин Е. И. Руководство по наблюдению над течениями на поляр ных станциях и обсерваториях. М., «Морской транспорт», 1957, с. 67—69 177—182.

188. Цицарев А. Н., Чечеткин Г. А. Выстрел для гидрологических работ.— «Информ. письмо УГМС Аз. ССР № 1 (26)», 1963, с. 11—14.

189. Чирченко И. В. К вопросу о выборе датчика влажности для измерения испарения пульсационным методом.— «Океанология», 1971, т. 11, вып. 4 с. 714—721.

190. Чумичев В. Б. Радиохимические методы определения низких уровней концентрации стронция-90 в пробах внешней среды.— «Труды ИЭМ», 1972 вып. 25, с. 101—165.

191. Чумичев В. Б., Шкуро В. Н. Методика радиохимического анализа стронция-90, цезия-137, кобальта-60, цинка-65, из одной пробы морской воды.— «Труды ИЭМ», 1976, вып. 6 (64), с. 57—72.

192. Шакуров П. Ф. Недостатки конструкции компасной коробки морской вертушки ВММ.— «Метеорология и гидрология», 1962, № 10, с. 48—49.

193. Шендерович И. М., Плахотник А. Ф. Усовершенствованный бати-термограф.— «Труды НИИГМП», 1959, вып. 7, с. 122—131.

194. Шендерович И. М., Клебан Л. С. Автоматический батометр-термобатиграф.— «Труды НИИГМП», 1959, вып. 7, с. 116—121.

195. Шерстянкин П. П., Толкаченко Г. А. К вопросу расширения динамического диапазона фотометра с фотоумножителем.— «Морские гидрофизические исследования», 1970, № 3 (49), с. 196—203.

196. Шехватов Б. В. О гидроакустических индикаторах дна и глубины.— «Труды ИОАН» 1958 (спец. выпуск), № 1, с. 130—136.

197. Ширей В. А. Методика работ с якорными буйковыми станциями.— «Труды ИОАН», 1962, т. 55, с. 3—22.

198. Шулейкин В. В. Физика моря. М., Академиздат, 1968.

199. An Expendable BT System. Проспект фирмы Sippican, 1964.

200. Brown N. L., Hamon B. V. Inductive Solinometer.— Deep-Sea Research, 1961, vol. 8, N 1, p. 65—75.

201. Buoy Technology. An aspect of observational data acquisition in oceanography and meteorology.— "Transactions of the 1964 buoy technology Symposium. 24, 25 March", Washington, 1964. 504 p.

202. Cox R., Culkin F., Greenhalgh R., Riley Y. Chlorinity, conductivity and density of seawater. "Nature", 1962, v. 193, p. 518—520.

203. Davidson K. L. An investigation of water waves on the adjacent air flow. ORA Project 08849. Michigan, USA, 1970.

204. Doe L. A. E. and Brooke J. A moored stable platform for air-sea interaction studies. Limnol. Oceanogr., 10, Supp. to v. 10, 1965, R79—R86.

205. Doe L. A. E. A series of three — component thrust anemometers. 1965. Trans. Can. Conf. Micrometeorology, 1st. Toronto, April.

206. Hasse L. Experience with stabilised floating mast for sensitive meteorological measurements at sea.— "Buoy techn. trans. of the 1964 Buoy Techn. Symp.", Mar. Soc., Washington, 1964, p. 30—32.

207. Keisuke Taira. Measurement of momentum transfer from air to sea.— "Proc. Joint Oceanogr. Assembly, Tokyo, 1970, The ocean world jap. Soc. for the promotion of Sci.", Tokyo. 1971.

208. Kerr K. P. Stability characteristics of various buoy configuration. Buoy Techn. Symp., Mar. Techn. Soc., Washington, 1964, p. 1—16.

209. Kinsman B. Wind waves, their generation and propagation on the ocean surface. Englewood cliffs. Praktice—Hall new gersey, USA, 1965.

210. Kondo J., Fujinama I. and Naito G. Wave induced by wind fluctuation over the sea.— "J. Fluid Mech.", 1972, vol. 51. 4 p.

211. Mitsuta I., Miyake M. and Kobory I. Three dimensional sonic anemometer—thermometer for atmospheric turbulence measurements. Kyoto Univ.— "Internal. Report", 1967, 10 p.

212. Pond S., Smith S. D., Hamblin P. E. and Burling R. W. Spectra of velocity and temperature fluctuations in the atmospheric boundary layer over the sea.— "J. Atm. Sci." 1966, 20 (4). 378 p.

213. Schooley A. H. Temperature difference near sea—air interface.— "J. Mar. Res.", 1967, vol. 25, N 1, p. 60—68.

214. Smith S. D. Thrust — anemometer measurements of wind velocity spectra and Reynolds stress over a coastal inlet. "J. Mar. Res.", 1967, v. 25, N. 3, p. 239—262.

215. Shonting D. H. Measurement of particle motion in ocean waves.— "J. Mar. Res.", 1967, vol. 25, N. 2, p. 162—181.

216. Talley D. L. SPAK Buoy Technology Transaction of the 1964 Buoy Techn. Symp.— "Mar. Techn. Soc.", Washington, 1964, p. 269—273.

217. Thorntwaite C. W., Superior W. J., and Field R. T. Disturbance of air—flow around Argus Island near Bermudo.— "J. Geophys. Res.", 1965, vol. 70, p. 6047—6052.

218. Vakulovsky S. M., Silantyev A. N. Radiometric device for determining the Sr-90 content in sea water.— "Nuclear Instruments and Methods", 1969, v. 68, p. 42—44.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие ко второму изданию 3

Предисловие к первому изданию 4

Часть I. Организация океанографических работ 5

Глава 1. Общие сведения о постановке океанографических работ в открытом море 5

1.1. Задачи гидрологических и гидрохимических наблюдений 5
1.2. Стандартные наблюдения и работы 5
1.3. Единицы измерений 8
1.4. Характеристика гидрологических и гидрохимических работ в открытом море 11
1.5. Расположение стандартных и вековых океанографических разрезов 12
1.6. Расположение океанографических станций на разрезах 14
1.7. Увязка наблюдений на разрезах и на рейдовых станциях 14
1.8. Сроки выполнения разрезов 15
1.9. Океанографические съемки 15
1.10. Наблюдения на многочасовых станциях 19
1.11. Специализированные океанографические наблюдения на полигонах 20
1.12. Океанографические наблюдения на судах погоды 24
1.13. Объединенная глобальная система океанских станций (ОГСОС) . . 25
1.14. Коды для оперативных передач океанографических данных 27

Глава 2. Состав наблюдений и работ. Стандартные горизонты . . 27

2.1. Наблюдения на глубоководных океанографических станциях 27
2.2. Судовые гидрометеорологические наблюдения 28
2.3. Стандартные горизонты наблюдений 29

Глава 3. Подготовка к рейсу. Планирование, организация работ, составление отчета 31

3.1. Подготовка к рейсу 31
3.2. Составление программы и плана на рейс 32
3.3. Обеспечение рейса оборудованием, приборами и расходными материалами 33
3.4. Подготовка оборудования и приборов к наблюдениям 34
3.5. Пробный (испытательный) выход в море 35
3.6. Личный состав и организация работ 36
3.7. Порядок наблюдений на океанографических станциях 37
3.8. Отчетная документация 40
3.9. Рекомендации по оформлению рейсовых отчетов 44

Часть II. Оборудование и приборы. Методы наблюдений и первичной обработки 46

Глава 4. Глубоководные океанографические лебедки и устройства для вывода троса за борт 46

4.1. Лебедка «Океан» 46
4.2. Лебедка ЛЭРОК 50
4.3. Лебедка ЛГ-1200 54
4.4. Двухбарабанная кабельная лебедка 56
4.5. Установка и размещение лебедок на палубе, уход за ними 58
4.6. Размещение океанографического оборудования на судне 59
4.7. Устройства для вывода троса за борт 62

Глава 5. Тросы 64

5.1. Металлические тросы 64
5.2. Растительные тросы 77
5.3. Тросы из синтетического волокна 78
5.4. Кабели, применяемые при океанографических работах 80

Глава 6. Измерение глубины погружения приборов 82

6.1. Блок-счетчик 82
6.2. Угломеры 85
6.3. Термометр-глубомер ТГМ 87
6.4. Определение глубины погружения приборов, не снабженных термометрами-глубомерами 91
6.5. Определение глубины погружения приборов по длине вытравленного троса и углу его наклона 95
6.6. Гидроакустический датчик глубины 96
6.7. Подводный автономный углограф 98

Глава 7. Измерения температуры воды глубоководными термометрами 100

7.1. Глубоководный опрокидывающийся термометр 100
7.2. Лупа Нансена 110
7.3. Рама для глубоководных опрокидывающихся термометров 111
7.4. Измерение температуры воды на глубинах 113
7.5. Запись и обработка показаний глубоководных термометров 114
7.6. Обработка показаний термометра-глубомера ТГМ 123
7.7. Определение глубины погружения термометра-глубомера 127

Глава 8. Измерение и запись распределения температуры воды механическим батитермографом ГМ-9-III 130

8.1. Назначение батитермографа и его устройство 130
8.2. Покрытие стекол батитермографа 134
8.3. Уход за прибором и его проверка 135
8.4. Порядок работы с прибором в дрейфе и на ходу судна 137
8.5. Обработка батитермограмм 140

Глава 9. Измерение температуры воды с помощью фототермографов 144

9.1. Назначение и устройство фототермографа 144
9.2. Работа с фототермографом 147
9.3. Обработка записей фототермографа ГМ-59 151

Глава 10. Измерение температуры поверхности моря и поверхностного слоя 154

10.1. Различие и связь температуры поверхности моря и температуры поверхностного слоя моря 154
10.2. Измерение температуры поверхности моря (ТПМ) радиационным термометром (инфракрасным радиометром) 158

10.3. Температурные авиасъемки поверхности моря 163
10.4. Методы и средства измерения температуры поверхностного слоя моря (ТПСМ) 174

Глава 11. Взятие проб воды с разных глубин 180

11.1. Назначение проб воды и необходимые их объемы 180
11.2. Батометр морской модернизированный БМ-48 181
11.3. Морской батометр ААНИИ системы Ю. К. Алексеева 184
11.4. Батометры большого объема 188
11.5. Проверка батометров и уход за ними 191
11.6. Работа с батометрами 192
11.7. Автоматический батометр-батитермограф ГМ-7-III 208
11.8. Хранение проб воды 211

Глава 12. Определение солености и электропроводности морской воды 212

12.1. Аргентометрический метод определения хлорности и солености морской воды 212
12.2. Приборы и посуда для титрования 215
12.3. Реактивы для титрования на хлор 219
12.4. Ход определения хлорности. Запись результатов и вычисление солености 220
12.5. Электромагнитный метод определения солености 226
12.6. Обработка наблюдений за соленостью, произведенных солемером ГМ-65 236

Глава 13. Наблюдения за волнением 238

13.1. Общие положения 238
13.2. Характеристика аппаратуры для измерения элементов волн 238
13.3. Судовой волнограф ГМ-16 240
13.4. Радиоизмеритель волн ГМ-32 241
13.5. Прибрежный волнограф ГМ-61 246
13.6. Волнограф судовой ГМ-62 253
13.7. Обработка волнограмм 263
13.8. Радиолокационный метод измерения волнения 270
13.9. Стереофотосъемка волнения 274
13.10. Аэрофотосъемка волнения 282

Глава 14. Измерение оптических характеристик морской воды и светового поля в море 297

14.1. Определение относительной прозрачности и цвета морской воды . . 299
14.2. Измерение прозрачности воды в море с помощью прозрачномера 303
14.3. Измерение подводной облученности, показателя вертикального ослабления естественного света в море с помощью подводного фотометра 308
14.4. Измерение пространственного распределения яркости света в морской воде 320
14.5. Измерение индикатрисы рассеяния света морской водой и определение суммарного показателя рассеяния 323
14.6. Обработка результатов измерений оптических свойств морской воды 332

Глава 15. Наблюдения за течениями с судна, стоящего на якоре 334

15.1. Наблюдения за течениями при помощи вертушек 335
15.2. Самописец течений системы Ю. К. Алексеева БПВ 336
15.3. Электрифицированный самописец течений ЭСТ 360
15.4. Морская вертушка ВММ 364
15.5. Влияние судна и его движений на показания вертушек 377
15.6. Обработка лент самописцев течений БПВ и ЭСТ 378
15.7. Обработка наблюдений, произведенных ВММ 382
15.8. Измерение течений поплавками 391

Глава 16. Наблюдения за течениями на ходу судна 395

6.1. Электромагнитный метод измерения течений 395
6.2. Устройство электромагнитного измерителя течений ГМ-15 406
6.3. Производство наблюдений ЭМИТом 415
6.4. Геоэлектромагнитный измеритель течений с поперечной измерительной базой 421
6.5. Обработка наблюдений, произведенных геоэлектромагнитным измерителем течений 422
6.6. Определение сноса судна под действием ветра и течений 429

Глава 17. Наблюдения за течениями с дрейфующего судна и со льда 431

7.1. Измерение течений при помощи вертушек и по радиолокационным определениям местоположения судна 431
7.2. Наблюдения за течениями при помощи вертушки и по дрейфу вытравливанием троса 433
7.3. Обработка наблюдений 436

Глава 18. Наблюдения за течениями радиолокационным методом, парашютным буксиром и поплавками нейтральной плавучести 437

8.1. Сущность радиолокационного метода и его особенности 437
8.2. Буйки и вехи для наблюдений за течениями в поверхностном слое 438
8.3. Состав и порядок наблюдений за течениями 443
8.4. Точность определения элементов течения 447
8.5. Наблюдения за глубинными течениями при помощи парашютного буксира, точность и надежность наблюдений 448
8.6. Наблюдения за глубинными течениями при помощи поплавков нейтральной плавучести 450

Глава 19. Понятие об авиационных методах наблюдений за течениями 456

9.1. Описание методов 456
9.2. Необходимое оборудование и приборы 460
9.3. Производство наблюдений 464
9.4. Обработка наблюдений 466

Глава 20. Океанографические наблюдения при помощи автономных буйковых станций 469

20.1. Введение 469
20.2. Общие рекомендации по постановке буйковых станций 471
20.3. Техника безопасности при постановке и снятии автономных буйковых станций 474
20.4. Расчет нагрузок на элементы буйковых станций 475
20.5. Автономные буйковые станции для больших глубин 485
20.6. Автономные буйковые станции для средних глубин 493
20.7. Автономные буйковые станции для малых глубин и донные 496
20.8. Автономные буйковые станции с притопленными поддерживающими буями 498
20.9. Размыкатели троса 502
20.10. Рекомендации по обеспечению сохранности автономных буйковых станций в арктических морях 504

Глава 21. Автоматические телеметрические буйковые станции . . . 505

21.1. Автоматическая буйковая гидрометеорологическая станция «СКАТ» 505
21.2. Буйковая станция ГМ-33 для измерения течений и передачи информации и дистанционный самописец течений ГМ-45 511
21.3. Буйковая станция М-42 для измерения ветра и передачи информации 534
21.4. Автономный цифровой измеритель течения, температуры, электропроводности воды, глубины погружения АЦИТТ 537

Глава 22. Дистанционные гидрозонды 54

22.1. Назначение и разновидности гидрозондов 54
22.2. Батитермограф разового действия 54
22.3. Батитермозонд «Краб» 55
22.4. Общие сведения о термогалинозондах 55
22.5. Гидрологический комплекс зонд-батометр 55
22.6. Термогалинозонд «Исток» 56
22.7. Методика измерений с помощью термогалинозонда «Исток» 58

Глава 23. Аппаратура и методика измерения параметров мелкомасштабного взаимодействия атмосферы и океана и составляющих баланса энергии турбулентности вблизи границы раздела воздух—вода 58

23.1. Основные задачи по изучению взаимодействия атмосферы и океана 58
23.2. Состав наблюдений и описание необходимых приборов 59
23.3. Платформы для установки измерительной аппаратуры 59
23.4. Методы наблюдений и обработка 60

Глава 24. Определение радиоактивности воздуха, воды и донных отложений в океанах и морях 60

24.1. Аппаратура и методика определения концентраций суммарной бета-активности в приводном слое атмосферы 60
24.2. Методика определения стронция-90, цезия-137, кобальта-60, цинка-65 в морской воде при их совместном концентрировании 61
24.3. Определение радиоактивного загрязнения донных отложений 61

Глава 25. Сбор, машинная обработка и распространение океанографической информации 62

25.1. Технология сбора, машинной обработки и распространения информации для судов без ЭВМ и для судов, оборудованных ЭВМ . . . 62
25.2. Общие сведения о переносе информации из наблюдательских книжек (таблиц) на перфоленту с помощью телетайпа 624
25.3. Схемы и описание макетов (кодов) для переноса на перфоленту глубоководной информации 629
25.4. Контроль занесения информации на перфоленты и исправление ошибок 634
25.5. Правила комплектования перфоматериалов, их индексирования, упаковки, хранения в рейсе и пересылки во ВНИИГМИ-МЦД 637
25.6. Перечень услуг, оказываемых ВНИИГМИ-МЦД 640

Глава 26. Обработка наблюдений без применения ЭВМ для получения стандартных таблиц 641

26.1. Составление таблицы глубоководных гидрологических и гидрохимических наблюдений ТГМ-3М 641
26.2. Составление таблицы «Результаты океанографических и гидрохимических наблюдений на многосуточных станциях» 648
26.3. Составление таблиц результатов измерений течений и волнения . . . 653

Приложения

1. Гидрометеорологическое оборудование для океанографических судов (табл. 1—3) 660
2. Коэффициенты сопротивления тел различной формы при обтекании в зависимости от значения числа Рейнольдса 667
3. Стандартная (типовая) программа экспедиционных работ научно-исследовательских судов погоды ГУГМС 668
4. Карты вертикальной H_z и горизонтальной H_h составляющих геомагнитного поля эпохи 1970 г. 672

5. Таблица поправок на разность заглубления электродов однокабельного шлейфа из полевого телефонного кабеля типа П-274-М с внешним диаметром жил 2,5—4 мм 674
6. Длина вытравленного троса в единицах счетчика при разных углах наклона троса 676
7. Таблица глубоководных гидрологических и гидрохимических наблюдений (ТГМ-3М) 683
8. Таблицы для построения индивидуальных графиков суммарных поправок глубоководных термометров и термоглубомеров (табл. 1—3) . . 686
9. Форма РОСКОП — сведения об океанографических наблюдениях . . 692
10. Расчет продолжительности рейса с учетом ветроволновых условий . . 700
11. Нумерация десятиградусных квадратов Марсдена 708
Список литературы 709

РУКОВОДСТВО
ПО ГИДРОЛОГИЧЕСКИМ РАБОТАМ
В ОКЕАНАХ И МОРЯХ

Редактор Т. А. Иванова
Техн. редактор Н. Ф. Грачева
Корректоры: Г. Н. Римант, Т. Н. Черненко

ИБ-520

Сдано в набор 12/VIII 1976 г. Подписано к печати 22/XII 1976 г. М-19943. Формат 60×90 1/16, бумага тип. № 1. Печ. л. 45,5. Уч.-изд. л. 52. Тираж 3600 экз. Индекс ОЛ-258. Заказ № 298. Цена 3 р. Гидрометеоиздат. 199053. Ленинград, 2-я линия, д. 23.

Ленинградская типография № 8 Союзполиграфпрома при Государственном комитете Совета Министров СССР по делам издательств, полиграфии и книжной торговли. 190000, Ленинград, Прачечный пер., 6.