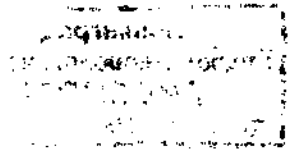
А. В. Остроухов, Ю. И. Шамраев

МОРСКАЯ ГИДРОМЕТРИЯ

Под редакцией
канд. техн. наук
И. А. Степанюка

Допущено
Государственным комитетом СССР
по гидрометеорологии и контролю
природной среды
в качестве учебника
для учащихся
гидрометеорологических техникумов



Ленинград Гидрометеоиздат 1981

УДК 551.46
0 77

Рецензенты:
Владивостокский гидрометеорологический техникум (А. Б. Фомин, А. С. Романов),
канд. техн. наук И. А. Степанюк

В книге рассматриваются основы метрологии, методы океанографических наблюдений и работ, способы первичной обработки океанографической информации.
Содержатся сведения о принципе действия, устройстве и эксплуатации как неэлектрических, так и электрических океанографических измерительных приборов и установок.
Книга предназначена в качестве учебника для учащихся гидрометеорологических техникумов, но может быть полезной и для специалистов, занимающихся изучением природы океанов и морей.

321290

Ленинградский
Гидрометеорологический ин-т
БИБЛИОТЕКА
Л-д 193196, Мало[illegible], 98

О $\frac{20806\text{-}100}{069(02)\text{-}81}$ 4-81. 1903030100

© Гидрометеоиздат, 1981 г.

ПРЕДИСЛОВИЕ

Настоящий учебник написан в соответствии с программой курса «Морская гидрометрия» для учащихся гидрометеорологических техникумов по специальности океанология. В первом разделе учебника даны основные сведения по метрологии. Второй раздел посвящен описанию оборудования научно-исследовательских океанографических судов, неэлектрических приборов и устройств, основных методов океанографических наблюдений и обработки океанографической информации. Рассматриваются также вопросы организации океанографических работ и основные правила техники безопасности. В третьем разделе описан ряд электрических океанографических измерительных приборов, их монтаж и техническое обслуживание в процессе эксплуатации.

В работе над учебником авторы широко использовали книги В. А. Снежинского, А. Ф. Маклакова, Б. С. Чернова, К. К. Дерюгина, И. А. Степанюка и Ю. В. Истошина, а также разнообразные руководства по методам океанографических наблюдений, наставления гидрометеорологическим станциям и постам, технические описания приборов и инструкции по их эксплуатации.

Введение и раздел 2 учебника написаны Ю. И. Шамраевым, разделы 1 и 3 — А. В. Остроуховым.

ВВЕДЕНИЕ

1. ПОНЯТИЕ О МОРСКОЙ ГИДРОМЕТРИИ

Океан обладает огромными пищевыми, минеральными и энергетическими ресурсами, поэтому ученые многих стран считают, что в ближайшие десятилетия человечеству необходимо направить максимальные усилия на освоение этих ресурсов. В Советском Союзе также уделяется большое внимание этой проблеме. Так, XXVI съезд КПСС включил изучение Мирового океана в число наиболее важных и актуальных проблем.

Океан является колоссальным аккумулятором тепла и влаги и оказывает огромное влияние на формирование погоды и климата. Поэтому успешное решение проблемы долгосрочного прогноза погоды, крайне важного для многих отраслей народного хозяйства, невозможно без детального изучения взаимодействия океана и атмосферы. Всестороннее изучение природы океана необходимо и для повышения безопасности и эффективности мореплавания — основного вида транспорта.

В соответствии с ГОСТом 18451-73, совокупность научных дисциплин, изучающих различные аспекты природы Мирового океана, называется *океанологией*, а наука, изучающая физические и химические свойства водной среды, закономерности физических и химических процессов и явлений в Мировом океане в их взаимодействии с атмосферой, сушей и дном, называется *океанографией.* Основной задачей океанографии является изучение пространственной и временной изменчивости океанографических элементов в их взаимосвязи с атмосферными процессами. Решение этой задачи невозможно без массового сбора океанографической информации. Комплекс наблюдений, измерений и обработки, производимых в океане с целью получения информации о его состоянии и протекающих в нем процессах, называется *океанографическими работами.* Для обеспечения сравнимости получаемой информации все океанографические работы должны производиться стандартными приборами по стандартной методике.

Раздел океанографии, описывающий организацию и методы проведения океанографических работ с помощью современных технических средств, а также методы обработки получаемой информации, называют практической океанографией или *морской гидрометрией*. Первый съезд советских океанологов (Москва, 1977 г.) поставил перед специалистами по морской гидрометрии первоочередную задачу по развитию и использованию новой океанографической техники.

2. ВИДЫ ОКЕАНОГРАФИЧЕСКИХ РАБОТ

В зависимости от способов выполнения океанографические работы могут быть подразделены следующим образом:

1) работы, выполняемые с берега (прибрежные наблюдения над уровнем моря, температурой и соленостью воды, волнением моря, ледяным покровом и др.). Для выполнения этих работ создаются морские береговые гидрометеорологические станции и посты;

2) работы, выполняемые со свайных оснований. Они производятся в прибрежных мелководных районах океана и в мелководных морях. Для этих работ применяются неподвижные свайные основания для добычи нефти и газа, сооружаемые в настоящее время на глубинах до 100 м. На глубинах до 5—7 м могут использоваться специальные неподвижные свайные основания. При работах со свайных оснований исключается влияние качки при волнении; свайные основания удобны для установки на них различных автоматических телеметрических станций;

3) работы, выполняемые на ходу судна. К ним относятся судовые гидрометеорологические наблюдения, а также измерения распределения температуры воды в слое до 200 м с помощью батитермографа, измерения течений геоэлектромагнитным методом и др.;

4) работы, выполняемые с судна, находящегося в дрейфе или стоящего на якоре (обычно постановка на якорь осуществляется при глубине не более 50—100 м). При этом производятся измерения различных океанографических элементов при помощи приборов, опускаемых на тросах судовых лебедок, а также измерения элементов волн при помощи судовых волнографов;

5) работы, выполняемые с поверхности ледяного покрова. При этом производятся те же виды работ, что и с судов (за исключением наблюдений над волнением моря), а также измерения толщины льда и определение его физико-химических

характеристик. С дрейфующих льдов измеряются направление и скорость их дрейфа;

6) работы, выполняемые с помощью буйковых станций, представляющих собой систему буев с автоматическими океанографическими приборами, размещенными непосредственно на буе или на поддерживаемом им тросе (буйрепе) на различных горизонтах. Буйковые станции позволяют изучать изменение океанографических элементов во времени;

7) работы, выполняемые с помощью авиации. Эти работы дают возможность получить информацию о пространственной изменчивости океанографических элементов;

8) работы, выполняемые с помощью искусственных спутников Земли и других космических аппаратов. Помимо информации о пространственной изменчивости элементов, эти работы дают возможность получать информацию о динамике крупных океанических течений, о зарождении тропических циклонов и их развитии и др.;

9) работы, выполняемые с помощью подводных аппаратов (отбор проб воды и отложений дна, подводное фотографирование и др.).

Океанографические работы подразделяются на *стационарные* и *эпизодические*. К стационарным относятся работы, систематически повторяющиеся в определенном районе океана (моря) через определенные промежутки времени (например, прибрежные наблюдения). Организация стационарных работ в открытом океане пока еще представляет большую трудность. В какой-то мере к стационарным работам можно отнести работы, выполняемые с научно-исследовательских судов погоды (северные части Атлантического и Тихого океанов). Эпизодические работы характеризуют состояние моря в данный момент и имеют в основном оперативное значение. К эпизодическим работам относятся судовые гидрометеорологические наблюдения.

3. ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ МЕТОДОВ ОКЕАНОГРАФИЧЕСКИХ РАБОТ

В течение длительного времени океанографы располагали разовыми океанографическими наблюдениями, выполненными в удаленных друг от друга точках Мирового океана на плохо оборудованных судах примитивными приборами. Традиционная система океанографических работ, состоявшая из прибрежных гидрометеорологических наблюдений, попутных судовых гидро-

метеорологических наблюдений и эпизодических работ со специальных судов, не могла удовлетворить потребность в океанографической информации. Поэтому во второй половине XX в. в СССР, США, Франции, Японии и других развитых странах значительно возросли темпы исследования океана, увеличилось количество специально построенных и оборудованных судов, создан ряд автономных и дистанционных электрических океанографических приборов, началось регулярное исследование океана при помощи авиации и искусственных спутников Земли, для обработки океанографической информации стали широко применяться электронно-вычислительные машины (ЭВМ).

Отрывочность океанографических работ, их ограниченность во времени и пространстве задерживают разработку и совершенствование методов морских прогнозов, главным образом долгосрочных. Решение этой важной проблемы может быть осуществлено только путем создания системы стационарных и синхронных океанографических наблюдений на всей акватории Мирового океана. Поэтому начиная с Международного геофизического года (1957—1958 гг.) стало расширяться международное океанографическое сотрудничество, координирующим центром которого стала Межправительственная океанографическая комиссия (МОК) при ЮНЕСКО.

В начале 70-х годов началось создание Объединенной глобальной системы океанографических станций ОГСОС (зарубежное наименование — IGOSS), в которую должны входить национальные системы сбора информации, как стационарные (автономные буйковые комплексы, суда погоды и т. д.), так и подвижные (экспедиционные суда). Работы по созданию ОГСОС координируются Межправительственной океанографической комиссией (МОК) и Всемирной метеорологической организацией при ЮНЕСКО. Первым рабочим проектом ОГСОС явился проект обмена батитермографными данными „Bathy", осуществление которого начато с 1972 г. с участием США, Англии, Канады и ФРГ. С 1975 г. участником проекта стал СССР.

Постоянно совершенствуются методы океанографических работ, проводимых различными научными организациями нашей страны. Так, советские ученые впервые осуществили в Атлантике так называемый полигонный эксперимент («Полигон-70») в больших масштабах с широким применением автономных буйковых станций.

С целью совершенствования методов долгосрочных прогнозов погоды Всемирной Метеорологической Организацией (ВМО) принята Программа исследования глобальных атмосферных процессов (ПИГАП). В состав работ по ПИГАП входят Глобальный эксперимент, Атлантический тропический эксперимент и другие эксперименты, предназначенные для получения дан-

ных, на основе которых составляются и проверяются модели процессов общей циркуляции атмосферы и океана.

В 1972 г. в Атлантическом океане советскими учеными был проведен первый национальный тропический эксперимент ТРОПЭКС-72 по ПИГАП, а в 1974 г. на том же полигоне — международный тропический эксперимент ТРОПЭКС-74.

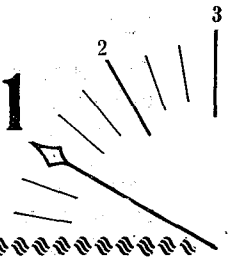
В течение ряда лет выполнялись океанографические работы в Арктике и Антарктике по программе Полярного эксперимента (ПОЛЭКС-Север, ПОЛЭКС-Юг).

СССР продолжает участвовать в международной программе ПИГАП, в рамках которой в 1978—1979 гг. проводился Первый глобальный эксперимент. Намечается продолжение работ по различным другим международным проектам, что дает возможность разработать более точные методы прогноза изменчивости Мирового океана и будет способствовать более эффективному использованию его ресурсов.

Вопросы и задания

1. Чем вызвана необходимость изучения природы океана?
2. Что необходимо для изучения океана?
3. Что называется океанографическими работами?
4. Что представляет собой морская гидрометрия?
5. Перечислите основные способы выполнения океанографических работ.
6. Каковы перспективы развития методов океанографических работ?

Раздел 1
ОСНОВЫ МЕТРОЛОГИИ



Основные метрологические понятия. Погрешности измерений (9). Система обеспечения единства измерений (52).

Глава 1
ОСНОВНЫЕ МЕТРОЛОГИЧЕСКИЕ ПОНЯТИЯ. ПОГРЕШНОСТИ ИЗМЕРЕНИЙ

1.1. Задачи метрологии

Метрология рассматривает несколько проблем, связанных с измерением, т. е. с нахождением значений физических величин опытным путем с помощью технических средств. Основными проблемами, относящимися к метрологии, поэтому являются:

— общая теория измерений, определяющая закономерности в вопросах измерения. Она рекомендует рациональные методы измерений, обработки результатов и оценки их надежности, широко используя математическую статистику и теорию случайных функций. Важное место при этом отводится теории погрешности измерений;

— выбор, описание основных и производных единиц физических величин, а также образованной в соответствии с принятой системой совокупности этих единиц;

— изучение методов определения точности измерений;

— разработка основ обеспечения единства измерений, результаты которых выражены в узаконенных единицах. Обеспечение единообразия средств измерений, т. е. приведение их метрологических свойств в соответствие с нормами и градуировка в узаконенных единицах;

— разработка эталонов, представляющих собой средства измерений, которые обеспечивают воспроизведение и хранение единицы. Разработка образцовых средств измерений, служащих для поверки по ним других средств;

— разработка методов передачи размеров единиц от эталонов или образцовых средств измерений рабочим средствам.

Разделом этой дисциплины является законодательная метрология, которая включает взаимосвязанные общие правила, тре-

бования, нормы и другие вопросы, подлежащие контролю со стороны государства. Цель законодательной метрологии — обеспечить единство измерений и единообразие средств измерений.

Таким образом, метрология обобщает теорию и практику измерений, обеспечивает надежность и правильность измерительной информации, законодательно определяет единство измерений в стране, является теоретической основой развития измерительной техники — одной из важнейших отраслей народного хозяйства. В настоящее время трудно представить себе предприятие, научное учреждение, лабораторию, не использующие измерительную технику или результаты измерений. Измерения в огромных количествах производятся при различных условиях — в динамических режимах, при экстремальных температурах, давлениях, при вибрациях, ускорениях, при разных скоростях перемещения среды, с различными частотами. Измерения производятся разными средствами, в том числе автоматическими информационно-измерительными системами. Весь комплекс мер и средств, обеспечивающий единство измерений и единообразие их, объединен в метрологическую службу.

1.2. Роль метрологии и измерительной техники в соблюдении единства и требований точности измерений, в повышении качества продукции. Развитие метрологии в СССР

Измерения сопутствуют всей деятельности человека с древнейших времен и теперь используются очень широко как один из важнейших методов проникновения в суть различных физических процессов и явлений в природе. В настоящее время, кроме давно известных величин — длины, массы, времени, объема, используется большое число других — электрических, механических, оптических, метеорологических и т. д. На различных предприятиях в СССР, в лабораториях и подразделениях гидрометеорологической службы в течение одних суток производятся миллиарды измерительных операций. В период научно-технической революции резко возросли повторяемость, диапазоны и точность измерений. Быстро увеличивается количество и сложность самих измерительных средств, которые необходимы, например, при проведении ответственных и длительных физических экспериментов, при регулировании многих технологических процессов в различных отраслях промышленности. При этом измерительные операции возможно производить, а результаты их регистрировать и анализировать лишь с помощью быстродействующих автоматических информационно-измерительных си-

стем. Роль—человека—оператора при этом все чаще сводится к выбору объема, режима измерений и контролю за качеством этого процесса. Диапазон измерений, например, температуры расширен от миллионных долей до нескольких миллионов кельвинов; диапазон измеряемых цифровыми приборами частот достигает сотен мегагерц. Приходится также измерять промежутки времени продолжительностью уже в несколько наносекунд, давление — от $1 \cdot 10^{-14}$ до $1 \cdot 10^{10}$ Па, электрический ток — от десятков фемтоампер (фемто — $1 \cdot 10^{-15}$) до сотен тысяч ампер. Методы и средства измерений непрерывно улучшаются; при этом повышение точности измерений часто совершенствует наши представления о физических процессах в природе, способствуя тем самым прогрессу науки и всего народного хозяйства. В равной степени это относится к исследовательской деятельности, проведению экспериментов, а тем более к производству массовых измерений, что характерно для метеорологии и океанологии.

Метрология рассматривает и способы достижения в каждом конкретном случае требуемой точности измерений. Практика использования большого числа разнообразных физических величин в различных условиях требует приведения всего измерительного дела в стройную систему на строго научной основе. Это требование отражено в стандартизации: в наиболее перспективных, научно обоснованных нормах и правилах, в рациональной организации всей измерительной практики в стране. Метрология и стандартизация поэтому органически связаны между собой и организационно объединены в деятельности Государственного комитета стандартов Совета Министров СССР (Госстандарт).

Одной из важнейших задач, стоящих перед промышленностью страны, является повышение качества продукции. В промышленности высокое качество продукции может быть обеспечено лишь с помощью непрерывного контроля свойств сырья, параметров технологического процесса, характеристик готовой продукции. Этот контроль осуществляется путем многократных измерений. В различных отраслях промышленности все более совершенствуются комплексы организационно-технических мероприятий по метрологическому обеспечению производства. В него входят:

— оптимальное распределение средств измерений по производственным предприятиям и научным учреждениям;

— ведомственный контроль за средствами измерений;

— систематический анализ состояния измерительного дела;

— принятие необходимых решений, направленных на улучшение метрологического обеспечения;

— проведение совместных работ службы метрологии и службы управления качеством продукции на предприятиях по повышению качества продукции и эффективности производства.

Например, в отрасли приборостроения стандартизация продукции является одним из основных факторов, определяющих уровень ее качества и планомерного совершенствования. Оценка качества выпускаемых измерительных приборов производится при их аттестации для решения вопроса о целесообразности их дальнейшего производства или модернизации. Методика, по которой определяется качество, разработана в этой отрасли и согласована с Госстандартом СССР. При этом оцениваются: эффективность использования приборов, их надежность, простота изготовления, уровень стандартизации узлов и другие показатели. Требования к качественным показателям непрерывно повышаются. Например, один из показателей надежности (минимальная наработка на отказ) пересматривался Госстандартом в сторону его улучшения шесть раз: для 1968, 1970, 1975 и 1977 гг. Из сказанного следует сделать вывод: ускоренный прогресс метрологической теории и практики весьма важен для развития и других отраслей науки и техники, для повышения производительности труда в народном хозяйстве страны.

Впервые государственная служба мер и весов была учреждена в России в 1827 г. организацией специальной комиссии. С 1845 г. было введено в действие «Положение о мерах и весах». Основоположником русской метрологии считается Д. И. Менделеев, деятельность которого привела к созданию в 1893 г. Главной палаты мер и весов, нового «Положения о мерах и весах», а также сети поверочных пунктов в России.

После Великой Октябрьской социалистической революции в 1918 г. введена в действие метрическая система. В 1924 г. Советом Народных Комиссаров утверждено новое «Положение о мерах и весах СССР». В 1925 г. организован Комитет Стандартизации, а в 1936 г.— Главное управление мер и весов. Был также создан Государственный институт мер и измерительных приборов. В 1938 г. был образован Комитет по делам мер и измерительных приборов при СНК СССР. Началось планомерное развитие измерительного приборостроения в стране. Продолжалось изучение роли средств измерений в народном хозяйстве, был организован анализ состояния измерительного дела в ряде ведомств. Высшим научным метрологическим учреждением страны стал Всесоюзный научно-исследовательский институт метрологии им. Д. И. Менделеева (ВНИИМ). В 1954 г. создан Комитет стандартов, мер и измерительных приборов при Совете Министров СССР, осуществлявший руководство метрологическими учреждениями страны. В 1955 г. создаются Всесоюзный научно-исследовательский институт физико-техниче-

ских и радиотехнических измерений (ВНИИФТРИ). Здесь разрабатываются эталоны и средства измерений для важнейших отраслей науки и техники. В 1970 г. образован Государственный комитет стандартов Совета Министров СССР (Госстандарт СССР), руководящий государственной метрологической службой СССР. Разработками в области законодательной метрологии руководит ВНИИ Госстандарта СССР (ВНИИГК). В настоящее время в крупнейших научных центрах страны действуют исследовательские метрологические институты или их филиалы: НИИМ в Харькове и Новосибирске, филиалы ВНИИМ в Тбилиси и Свердловске, филиалы ВНИИФТРИ в Казани, Иркутске и Хабаровске и др. В союзных республиках, областных центрах работают более 400 лабораторий государственного надзора (ЛГН) за внедрением и соблюдением стандартов и состоянием измерительной техники.

СССР является членом Международной организации по стандартизации (ИСО), Международного комитета мер и весов, Международной организации законодательной метрологии, Постоянной Комиссии СЭВ по стандартизации и ряда других. В настоящее время развитие метрологии играет чрезвычайно важную роль в прогрессе науки и всех отраслей народного хозяйства, особенно в связи с научно-технической революцией. Особая роль принадлежит электрическим измерительным устройствам в связи с быстрым развитием радиоэлектроники, атомной энергетики, космической техники, а в метеорологии и океанографии — в связи со значительным расширением фронта научно-исследовательских работ в атмосфере и Мировом океане. Поэтому развитие измерительной техники идет в направлении расширения возможностей средств измерения по всем показателям: точности, быстродействию, диапазону измерения, степени автоматизации, удобству изготовления, эффективности их использования.

1.3. Основные метрологические понятия и определения (ГОСТ 16263-70)

В настоящее время руководящим документом, определяющим значение и правила применения главнейших метрологических терминов, является ГОСТ 16263-70. В нем метрологические термины объединены в разделы, где приводится точное значение каждого из них с разъяснениями особенностей применения примерами. ГОСТ 16263-70 исключает некоторые из бывших в употреблении в практике измерений термины. Следует обратить внимание на особенности применения наиболее употребляемых терминов в метрологии. Так, например, *«физическая величина»*, согласно ГОСТу 16263-70, означает свойство, по качеству

объединяющее многие объекты, а по количеству принадлежащее лишь каждому из них индивидуально. Например, «масса», «сила», «температура» — свойства, присущие многим телам. Рассматривая свойство только количественно, не следует применять выражения «величина массы», «величина температуры» и т. д. Поэтому «12 кг», «40 Н», «20 К» полагается называть соответственно «значением массы», «значением силы», «значением температуры».

Значение физической величины, которое идеально качественно и количественно отражало бы соответствующее свойство объекта, называется *истинным значением физической величины.* Если оно найдено экспериментально и для данной цели годится в качестве истинного, то оно называется *действительным значением.*

Измерением является нахождение значения физической величины опытным путем с помощью специальных технических средств. Употребление слова «замер» не рекомендуется. В различных измерительных устройствах измеряемая величина не поддается непосредственному восприятию, поэтому приходится применять преобразователи одной величины в другую или даже целую цепь преобразований. Первым элементом таких преобразователей является *первичный измерительный преобразователь.* Называть его «датчиком» ГОСТ 16263-70 не рекомендует, хотя этот термин широко употребляется в технической и учебной литературе. Часть первого в измерительной цепи преобразовательного элемента, находящаяся под непосредственным воздействием измеряемой величины, называется *чувствительным элементом средства измерений. Промежуточный измерительный преобразователь* (или несколько их) занимает в измерительной цепи место *после* первичного. Для дистанционной передачи сигнала применяется *передающий измерительный преобразователь.*

Средства измерений имеют *отсчетные устройства.* На шкалах этих устройств имеются *отметки,* у которых проставлены *числа отсчета.* Таким образом, это — *числовые отметки шкал.* Название «оцифрованная отметка» не рекомендуется.

В последующих разделах ГОСТа 16263-70 используются другие определения и рекомендации в области теории и практики метрологии. Большая часть их используется ниже.

1.4. Физические величины и их измерение. Система единиц физических величин

Разным объектам присуще различное *количественное содержание* некоторых свойств, соответствующих *физическим величинам,* например, температура в слое воды 285 К, сила тока в элек-

трической цепи 1,5 А и т. д. Здесь «температура», «сила тока» — физические величины. Количественное же содержание этих физических величин выражено числовыми значениями в виде чисел «285» и «1,5» принятых для этого единиц физических величин — кельвинов и ампер соответственно. В разных отраслях науки известные зависимости между свойствами объектов выражают системой N независимых уравнений, содержащих N величин. При этом M величин оказывается больше, чем уравнений: $N > M$. M величин определяются через другие, являются независимыми от других. В составленной таким образом системе физических величин (N—M) величины принимаются в качестве *основных*, а остальные определяются через них и называются *производными величинами*.

Например, в системе величин механики LMT в качестве основных приняты длина l, масса m и время t. Производными величинами в этой системе являются, например, скорость v, определяемая уравнением $v = dl/dt$, ускорение $a = d^2l/dt^2$, механическая сила $F = ma$.

Выражения, отражающие связь величины с основными величинами системы, в которых коэффициент пропорциональности принят равным 1, называются *размерностями физических величин*. Они представляют собой произведение основных величин, например L, M, T, возведенных в соответствующие степени, например α, β, γ. Так, размерность ускорения в системе LMT соответствует LT^{-2}, а силы — LMT^{-2}. Если основные величины входят в выражение размерности в нулевой степени, то физическая величина *безразмерна*, например относительная плотность $\rho = \rho_1/\rho_0$ с размерностью $L^{-3}M$ в системе СИ для плотности; усиление по напряжению $k_u = u_1/u_2$ с размерностью напряжения в системе СИ $L^2MT^{-3}I^{-2}$. Физическая величина, которой присвоено числовое значение, равное 1, называется *единицей физической величины*, например массы — килограмм (кг), силы света — кандела (кд) в системе СИ. Это — примеры *системных* единиц физических величин, в отличие от *внесистемных*, которые ни в одну систему единиц не входят, например единица давления — миллиметр ртутного столба; единица мощности — лошадиная сила; единица угла — румб (в морской практике). Различают *кратные* единицы физической величины, которые в целое число раз больше системной (или внесистемной) единицы, например километр (10^3 м), гигагерц (10^9 Гц), тераом (10^{12} Ом). Используются также *дольные* единицы физической величины, меньшие системной (внесистемной) единицы в целое число раз, например микрометр (10^{-6} м), наносекунда (10^{-9} с), фемтоампер (10^{-15} А). Наравне с единицами системы СИ допускается применение *безразмерных относительных единиц*, например $0{,}01 = 10^{-2}$ (% — процент), $0{,}001 = 10^{-3}$ (‰ — промилле).

пользоваться физические константы. Результат таких измерений выражается размерной величиной.

Относительные измерения — измерения отношения величины к одноименной величине, принятой за исходную или за единицу. Результат такого измерения — безразмерная величина.

Важно также различать следующие два вида измерений:

статические измерения, в течение которых измеряемая величина остается постоянной, например размеры твердых тел, глубина в точке акватории при отсутствии приливных явлений и другие очень медленно изменяющиеся океанографические величины;

динамические измерения — в этом процессе измеряемая величина есть функция времени.

1.7. Контрольно-поверочные и технические измерения в метрологии

Для решения вопроса о пригодности средств измерений для работы по их прямому назначению необходимо прежде всего выяснить, соответствуют ли их точные характеристики заданным значениям. Процедура определения этой пригодности называется *поверкой* средств измерения. При поверке определяются или оцениваются *погрешности* измерительных средств по отклонениям результатов измерений от истинных значений измеряемых величин в свою очередь с помощью *образцовых* измерительных средств. Методика и технология производства поверки предписана соответствующими стандартами. Технические средства поверки и организация ее на разных уровнях подлежат государственному или ведомственному контролю. Этот надзор выполняется контрольными органами на местах с целью проверки состояния *рабочих* измерительных средств, используемых повседневно в учреждениях и предприятиях. Одновременно проверяется и правильность использования этих средств, а также своевременность внедрения стандартных правил и методик измерений. Осуществляется такой надзор методом *контрольно-поверочных* измерений; при этом погрешность должна быть не больше заранее заданной. Для этого контрольный орган заранее разрабатывает методику таких измерений, выбирает более точный измерительный прибор, а результаты измерений оформляются в виде документа и содержат выводы и решения о состоянии измерительного дела и средств в данном пункте измерений. Например, в сроки и по правилам контрольного органа Госкомгидромета производится контрольно-поверочное сличение рабочего станционного ртутного барометра с образцовым. Контрольно-поверочные измерения в конечном итоге способствуют

сохранению стабильного качества и надежности измерений в контролируемых учреждениях сети гидрометслужбы и на ее предприятиях, повышению измерительной технологической дисциплины, предотвращению экономических потерь от возможного брака в работе. В учреждениях, лабораториях, экспедициях, на научно-исследовательских судах погоды, на предприятиях по производственным планам и заданиям, в исследовательских и оперативных целях повседневно выполняются непрерывные или систематические измерения с помощью рабочих измерительных средств. Эти средства, имея необходимые точностные характеристики, в каждом конкретном случае обеспечивают гарантированную точность измерений. Это — *технические измерения.* Если они производятся пригодными для данных целей измерительными средствами с соблюдением установленных методик и правил, то результаты их после надлежащей обработки используются в качестве исходных для дальнейшей деятельности учреждения или предприятия, исследовательского или информационного центра. В гидрометеорологической практике технические измерения называют разного рода наблюдениями *, например наблюдения над волнением моря, температурой воды и воздуха, морскими течениями, параметрами ветра, ледяным покровом, промерные работы, зондирование водных глубин, атмосферы и др.

1.8. Методы прямых измерений

Принципом измерений считают совокупность физических явлений, на которых основаны измерения. Примеры различных принципов измерений: измерение температуры воды с помощью терморезистора, измерение гидростатического давления воды с помощью манометрической пружины, измерение скорости водяного потока с помощью вертушки.

Методом измерений называют совокупность приемов использования принципов и средств измерений.

В практике часто приходится выбирать тот или иной метод измерения из нескольких возможных, имея в виду различные условия работы, например технические возможности, квалификацию оператора, точность и срочность измерений. Рассмотрим методы *прямых* измерений, которые в свою очередь являются основой для *косвенных*, *совокупных* и *совместных* измерений.

---

* В соответствии с ГОСТом 16263-70 *наблюдение* — это экспериментальная операция, выполняемая в процессе измерений, в результате которой получают одно значение из группы значений величины, подлежащих совместной обработке для получения результата измерения.— *Прим. ред.*

Метод непосредственной оценки: значение величины определяют непосредственно по отсчетному устройству измерительного прибора прямого действия, т. е. такого прибора, где преобразование сигнала измерительной информации происходит только в одном направлении. Реализуется наиболее просто и не требует высокой квалификации оператора. Однако этот метод, как правило, характеризуется большой погрешностью измерений.

Метод сравнения с мерой — измеряемую величину сравнивают с величиной, воспроизводимой мерой. Мера же воспроизводит физическую величину заданного размера, например гиря массой 1 кг на рычажных весах, генератор калибровочной частоты в схеме осциллографа (обычно 100 кГц).

Нулевой метод — разновидность метода сравнения с мерой. В этом методе результирующий эффект воздействия величин на измерительный прибор доводится до нуля. Значение измеряемой величины определяется по известному значению меры. Этот метод применен, например, в автоматических электронных потенциометрах типа КСП и мостах типа КСМ. В нулевом методе влияние факторов, уменьшающих точность измерений, в значительной степени компенсируется. Операцию измерения в нулевом методе зачастую называют «уравновешиванием». Различают ручное и автоматическое уравновешивания. В большинстве современных приборов уравновешивание производится автоматически.

Другой разновидностью метода сравнения с мерой является *дифференциальный метод*, в котором на измерительный прибор воздействует создаваемая устройством сравнения разность измеряемой величины и известной величины, воспроизводимой мерой. Этот метод используется в некоторых океанографических приборах, например в измерителе прозрачности ФПМ-60, в ИК радиометрах и др.

Метод замещения также является разновидностью метода сравнения с мерой. В нем измеряемая величина замещается известной величиной, воспроизводимой мерой. Метод применяется в точных измерениях, когда измерительный прибор на малый промежуток времени *минимально* подвержен влиянию факторов, ухудшающих точность измерений.

Метод совпадений является еще одной разновидностью метода сравнения с мерой. Здесь разность между измеряемой величиной и величиной, воспроизводимой мерой, определяется путем использования совпадения отметок шкал или периодических сигналов.

Метод используется в нониусах штангенциркулей, теодолитов, секстантов, а также при определении скорости вращения вала с помощью стробоскопического эффекта, например в рулонных телеграфных аппаратах.

1.9. Погрешности измерений, их классификация

Всякое измерение желательно выполнить качественно, т. е. с высокой точностью. *Точность* измерения — это качественная его характеристика, отражающая близость результата измерения к истинному значению измеряемой величины X_N. Высокая точность измерения соответствует малым отклонениям $\pm\Delta X$ результата измерения X от истинного значения измеряемой величины X_N. Разность этих значений называется *абсолютной погрешностью* ΔX:

$$\Delta X = X - X_N.$$

По мере совершенствования технических средств и методов измерений погрешности их постепенно уменьшаются, но теоретически они не могут быть меньше дискретности величины. Так, погрешность длины не может быть меньше размеров молекул вещества.

Результаты однократных измерений всегда содержат разного рода погрешности, даже грубые промахи оператора. При выполнении многократных измерений даже с наивысшей тщательностью результаты также отличаются друг от друга: снова возникают погрешности. Причины их появления различны по характеру, например несовершенство методов и технических средств измерений, неблагоприятные условия, влияющие на них, разные возможности и квалификация оператора. *Истинное значение* X_N измеряемой величины X остается всякий раз неизвестным. Поэтому оператору необходимо решать задачу: какой из полученных результатов ближе всего к истинному значению. Оценить же результат с заранее выбранной степенью доверия к нему (например, с 90 %-ной вероятностью), вероятные границы отклонения результата от истинного значения — вероятный интервал погрешностей — возможно с помощью методов теории вероятностей. Это позволяет выбрать разумные для конкретной ситуации методы и технические средства.

Классификация погрешности (ГОСТ 16263-70) производится по нескольким признакам.

1. **По характеру поведения** погрешности различаются следующим образом:

а) *систематические погрешности измерений.* Эти составляющие погрешности измерения остаются постоянными или закономерно изменяются при повторных измерениях той же величины. Таким образом, их можно изучить, определить или даже исключить, если выбрать выгодный способ измерения. Если они не превышают заданных пределов, то допускается их не учитывать. Недопустимые погрешности возможно исключать автоматиче-

ской коррекцией, предусмотренной в самом приборе, либо введением поправок при обработке результатов измерений. При конструировании и эксплуатации измерительных приборов систематические погрешности стараются уменьшить. Величины *неисключенных* систематических погрешностей и их поведение оговариваются в техническом документе, придаваемом к измерительному прибору. К систематическим погрешностям относятся и те, которые привносятся вычислением с округлением, интерполяцией по таблицам и математической обработкой результатов.

Составляющую систематической погрешности, которая не зависит от значения измеряемой величины X, называют *аддитивной*. Если же с увеличением X (или с уменьшением ее) систематическая погрешность также изменяется по какому-либо закону, то это изменение носит название *мультипликативной* составляющей.

Систематические погрешности могут быть также *постоянными*, *прогрессивными* (убывающими или возрастающими в процессе измерений), а также *периодическими* (например, от перекоса или эксцентриситета стрелок и шкал приборов).

Систематическая погрешность, как следует из ее описания, является *знаковой* погрешностью, т. е. имеет либо положительное, либо отрицательное значение в конкретных условиях измерений. Различные методы ее обнаружения и устранения (см., например, п. 1.10) основаны именно на этом свойстве. Неисключенные же остатки систематической погрешности, как правило, имеют внешние признаки случайной погрешности и могут быть оценены только методами теории вероятностей и математической статистики;

б) *случайные погрешности* — это составляющие погрешности измерений, которые изменяются случайным образом при повторных измерениях одной и той же величины. Из-за неясности конкретных причин возникновения случайной погрешности в каждом измерении они не могут быть, в отличие от систематических, исключены из результатов измерений. Можно привести лишь *вероятность* попадания значения случайной погрешности в определенный интервал, но не само ее значение;

в) различают также *грубую погрешность* измерений (промах) — погрешность, существенно превышающую ожидаемую систематическую или случайную погрешность при данных условиях измерений. Грубая погрешность возникает при самоустраняющихся случайных неисправностях (сбоях) прибора, невнимательности или неопытности оператора и по некоторым другим причинам. Результат, содержащий грубую погрешность, обычно резко выделяется из повторных, поэтому может быть исключен из рассмотрения. Следует обратить внимание на тот

факт, что при *однократном* измерении он *не может* быть выделен, поэтому остается ложным.

2. **По способу представления** погрешности различаются следующим образом:

а) *абсолютная погрешность измерения* ΔX выражается в единицах измеряемой величины X:

$$\Delta X = X - X_N. \qquad (1)$$

Здесь, поскольку точное значение X_N остается неизвестным, ΔX имеет также приблизительное значение;

б) *относительная погрешность измерения* δ — отношение абсолютной погрешности измерения ΔX к истинному значению X_N измеряемой величины: *

$$\delta = \frac{\Delta X}{X_N} \text{ (можно выразить в } \%). \qquad (2)$$

Следует различать также *точность* измерений $\varepsilon = 1/|\gamma|$, которая характеризует *близость* результатов измерений к истинному значению измеряемой величины. Так, например, при $\gamma = \pm 0{,}01$ точность $\varepsilon = 100$.

3. **По происхождению** погрешности различаются так:

а) *инструментальные погрешности*, зависящие от погрешностей применяемых средств измерения. Средством измерения принято называть как функционально законченный измерительный прибор, так и отдельные измерительные преобразователи, а также некоторые другие технические средства, используемые при измерениях и имеющие *нормированные метрологические свойства*. Погрешности средств измерений возникают вследствие различных причин и разделяются по их видам на *основные* и *дополнительные*, *статические* и *динамические*, *систематические* и *случайные* и т. д. (см., например, п. 1.14);

б) *погрешность метода измерения* — составляющая погрешности измерения, которая происходит от несовершенства метода измерения. Причиной возникновения погрешности метода, в частности, может быть воздействие измерительного прибора на измеряемую величину. Например, при недостаточно большом входном сопротивлении прибора значительная часть тока измеряемого участка электрической схемы ответвляется в прибор, искажая нормальное состояние этого участка. Другие примеры:

---

* Поскольку *истинное* значение измеряемой величины всегда остается неизвестным, то на практике для представления погрешностей используют *действительное* значение. Действительным значением физической величины называют значение, найденное экспериментальным путем и настолько приближающееся к истинному значению, что для данной цели может быть использовано вместо него.— *Прим. ред.*

несовершенство приема преобразования величины в измерительной цепи прибора, возникновение погрешностей из-за замены непрерывного сигнала дискретным (квантование сигнала).

Погрешности, связанные с использованием того или иного *принципа измерения,* возникают из-за использования недостаточно верной теории или констант ограниченной точности. Так, например, при измерении скорости и направления морских течений с помощью прибора ГМ-15М (ЭМИТ) используется поправочный коэффициент, определяемый экспериментально, и погрешность определения этого коэффициента входит как составная часть в погрешность метода.

1.10. Исключение систематических погрешностей

Задача выявления и исключения систематических погрешностей является очень важной, и для ее решения требуется глубокий

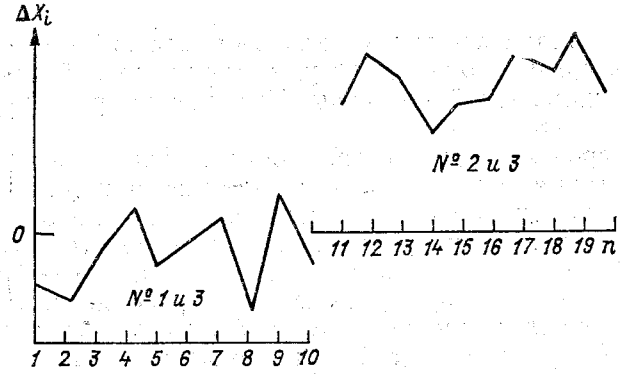


Рис. 1. График показаний двух термометров.

анализ всей совокупности данных наблюдений. Как правило, наиболее сложная часть задачи — *выявление* значений погрешности и вызывающих ее причин. После того как погрешность выявлена, ее *исключения* добиваются рядом приемов, основные из которых рассматриваются ниже.

Рассмотрим на простых примерах, каким образом может быть выявлено *наличие* систематических погрешностей.

Измеряется температура воды последовательно двумя *рабочими* термометрами № 1 и № 2 и одновременно — образцовым термометром № 3. Отклонения $\pm\Delta X_{i1}$ показаний первого рабочего термометра № 1 от показаний X_{i2} образцового № 3 нанесены на график (рис. 1), где по преобладанию отрицательных значений ΔX_{i1} видно, что, кроме случайных погрешностей, имеет место и небольшая постоянная систематическая погрешность.

Такой же эксперимент с рабочим термометром № 2 и образцовым № 3 показывает, что термометр № 2 имеет другую постоянную систематическую погрешность. Таким образом, систематическая погрешность оказалась зависящей от условий измерения, а именно — изменилась при смене рабочих термометров.

В практике измерений при использовании недостаточно стабильных по точности измерительных приборов встречается «сползание» значений погрешности при последовательных измерениях (рис. 2). Очевидно, это указывает на наличие *прогрессивной* систематической погрешности, например за счет повышения температуры окружающей среды у электронной схемы измерительного прибора.

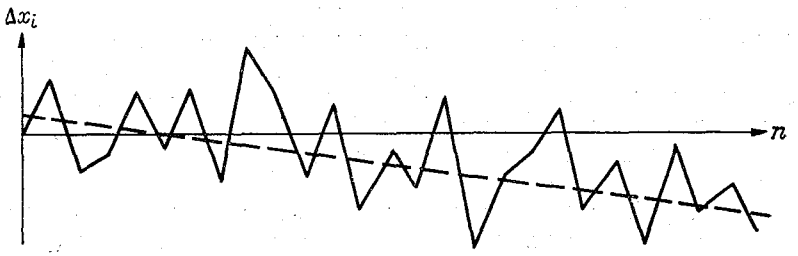


Рис. 2. Иллюстрация систематической и случайной погрешностей.

Если же подобного рода процессы как-то закономерно чередуются, то это указывает на наличие *периодической* погрешности.

В приведенных примерах значения систематических погрешностей довольно велики, так что наличие их *очевидно.* В большинстве же случаев такая «очевидность» отсутствует, и выявление погрешностей производится более сложным путем.

Невозможно дать конкретные исчерпывающие правила выявления погрешностей в общем случае, поскольку слишком разнообразны вызывающие их причины. Однако можно рекомендовать ряд методов, обычно использующихся на практике *:

1) *проверка статистической подконтрольности.* В этом методе выполняют, например, измерения одной и той же постоянной величины при различных условиях, получая экспериментальные данные в виде нескольких групп. Если при математической обработке данных выявляются недопустимо большие расхождения между групповыми дисперсиями или групповыми средними, которые обнаруживаются с помощью специальных

* Рекомендации разработаны ВНИИМ им. Д. И. Менделеева (1972 г.).— *Прим. ред.*

статистических критериев (критерии Бартлетта, Фишера, Аббе), то это указывает на наличие систематических погрешностей, связанных с меняющимися условиями измерений;

2) *метод корреляционного анализа.* Используется для выявления связи между появлением систематической погрешности и ее предполагаемой причиной;

3) *метод регрессионного анализа.* Используется для установления связи между систематической погрешностью и вызывающей ее причиной.

Если же систематические погрешности не изменяются при изменении условий измерений и присущи данному конкретному методу, то они могут быть выявлены только сравнением результатов измерений, выполненных данным методом и другими независимыми от него методами. После того как выявлены систематические погрешности или хотя бы выявлены вызывающие их причины, может быть использован ряд практических приемов *исключения* погрешностей.

Существуют методы хотя бы частичного устранения источников систематических погрешностей еще *до начала* измерений. Они предпочтительны, так как упрощают процесс измерения: ненужными оказываются последующие вычисления с поправками. Надлежащими регулировками, а при необходимости и ремонтом средств измерений устраняются инструментальные погрешности, которые были выявлены при поверке.

В случаях, когда на точность прибора влияют внешние условия, например температура окружающей среды, влажность воздуха, магнитные поля, принимаются меры для уменьшения этого влияния. Так, влияние температуры уменьшается с помощью термостатов и применения термостабильных узлов в измерительных цепях. Влагостойкие покрытия и герметизация защищают от влияния влаги. От магнитного поля приборы экранируются магнитно-мягким материалом.

Амортизацией и эластичными соединениями достигается ограничение влияния вибрации на измерительные средства в полевых условиях и особенно в аэрокосмической и судовой океанографии.

Существенный эффект в ограничении систематических погрешностей достигается также применением других способов, которые осуществимы *во время* процесса измерения.

Одним из таких способов является *способ изменения знака систематической погрешности.* Если при этом знак измеряемой величины X сохраняется, то систематическая погрешность может быть определена в два приема. Например, если измерительный прибор магнитоэлектрической системы (рис. 3) подвержен воздействию внешнего постоянного магнитного поля **B**, то в первом положении прибора (a) относительно магнитного поля на рамку

его измерительной системы внутреннее и внешнее магнитные поля воздействуют, например, *согласно* и возникает погрешность *одного знака*. После разворота прибора на 180° относительно магнитного внешнего поля **B** оба поля—внешнее и внутреннее—действуют *встречно* и возникает систематическая погрешность *другого* знака. Поэтому правильное значение измеренной величины будет равно полусумме ее значений при обоих положениях прибора: $X=(x_1+x_2)/2$.

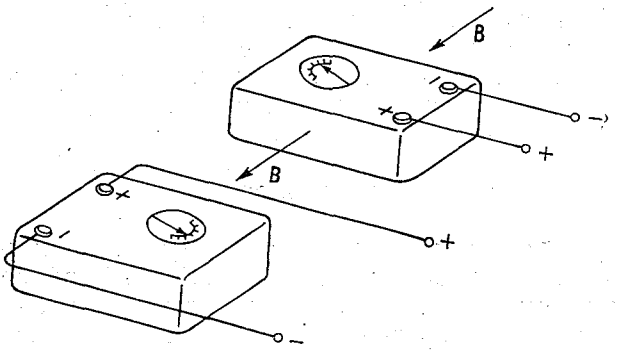


Рис. 3. Определение систематической погрешности способом изменения ее знака.

Для определения систематической погрешности в океанографической практике используется также *способ изменения знака выходной величины*. При этом неизменной по значению и знаку остается систематическая погрешность. Этот способ описан в п. 20.3 (способ определения «нуля электродов» прибора ГМ-15М).

Широко распространен метод исключения известных систематических погрешностей *введением поправок и коэффициентов*. Поправка суммируется со значением измеренной величины и равна систематической погрешности, а по знаку — обратна ей. Поправочный коэффициент — множитель; по значению он может быть меньше или больше единицы. Для исправления значений измеренной величины ее умножают на поправочный коэффициент. Для исключения систематической погрешности методом введения поправок или коэффициентов приходится выяснять зависимость от вызвавших их величин в форме таблиц или графиков конкретно по каждой из этих величин. Часто необходимым бывает использование нескольких различных поправок, так как каждая из них соответствует лишь одной вызвавшей ее величине. Например, поправка на изменение температуры окружающей среды отличается от поправки на изменение влажности

воздуха и т. д. Использование коэффициентов удобно в случаях, когда погрешность *пропорциональна* измеряемой величине. Значения поправок должны быть обоснованы требуемой точностью измерений и целесообразностью количества значащих цифр при математической обработке и округлении результатов.

Не все систематические погрешности удается исключить полностью в конкретных методах измерений; тогда они проникают в результат измерений и называются *неисключенными*. Оценка неисключенных остатков систематических погрешностей производится статистическими методами, и значение этой оценки в виде доверительного интервала с указанием доверительной вероятности входит как составная часть в стандартные показатели точности измерений (см., например, п. 1.13).

1.11. Погрешности при прямых измерениях

Формы представления результатов измерений для различных условий регламентированы ГОСТом 8.011-72. При прямых измерениях формы представления результатов отличны от форм при косвенных измерениях. Для выяснения обстоятельств, позволяющих судить о главном качестве измерения — *точности* с учетом *случайных* погрешностей, необходимо рассмотреть терминологию, элементарные понятия и методику обработки результатов прямых и косвенных измерений.

Приведем некоторые элементарные сведения из теории вероятностей и математической статистики, которые необходимы для производства обработки результатов измерений и представления этих результатов в *стандартной форме*.

Различие результатов измерений какой-либо величины одного размера в одинаковых условиях означает наличие *случайных погрешностей*. Такие погрешности появляются по независимым *известным* и еще *неизвестным* причинам. Их невозможно учесть поправкой или коэффициентом, так как знаки и абсолютные значения случайной погрешности различны. Результат многократных последовательных измерений какой-либо величины одного размера, производимых при одинаковых условиях, можно представить лишь после математической обработки, а случайную погрешность — лишь в виде ее *вероятностных параметров*. В этом ее принципиальное отличие от систематической погрешности.

Отсюда и возникла необходимость использования категорий теории вероятностей и математической статистики при обращении с результатами измерений.

Для того чтобы иметь правильное представление о поведении случайной величины, необходимо знать, какие значения она

может принимать при большом числе измерений и с какой вероятностью. Иначе говоря, надо знать соотношение между значениями случайной величины и их вероятностью — так называемый *закон распределения* случайной величины в виде математического выражения или графика. В зависимости от условий измерения и характера измеряемой величины это соотношение может быть различным. Например, если все результаты измерения величины одного размера в пределах некоторого интер-

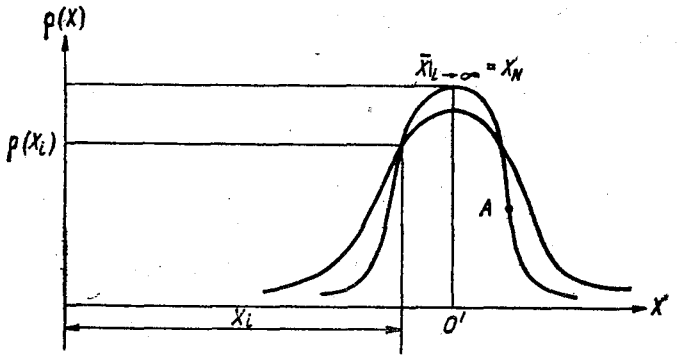


Рис. 4. Нормальное распределение значений случайной величины.

вала по значению оказались *равновероятными*, то это соотношение называют *равномерным* распределением. Так, при округлении десятичного числа отбрасыванием младшего разряда значение его получается равновероятным в пределах от 1 до 9. Наиболее распространенным видом распределения является так называемое *нормальное* распределение. На графике (рис. 4) по оси абсцисс отложена измеряемая величина X. При многократных измерениях величины X результаты отдельных наблюдений принимают значения x_i. По оси ординат отложена *плотность вероятности* $\rho(X)$ появления значений x_i. Размерность $\rho(X)$ обратна размерности измеряемой величины. Поэтому площадь, заключенная между осью абсцисс и кривой распределения, равна единице. Ордината вершины кривой распределения и абсциссы точек ее перегиба характеризуют параметры нормального распределения — его возможную *асимметричность* и *степень разброса* значений. Абсцисса O' центра тяжести фигуры, заключенной между кривой распределения и осью абсцисс, носит название *математического ожидания* $M(X)$ величины X. Вокруг математического ожидания $M(X)$ группируются значения x_i при измерении величины X. В практических же расчетах

пользуются приближенным значением математического ожидания случайной величины, а именно — *средним значением* $\overline{X}$. При увеличении числа n измерений в неизменных условиях и отсутствии систематических погрешностей *среднее арифметическое* (среднее) значение

$$\overline{X} = \frac{x_1 + x_2 + \ldots + x_n}{n} \tag{3}$$

измеряемой величины X приближается к ее математическому ожиданию $M(X)$, которое и *принимают* * за истинное значение — X_N.

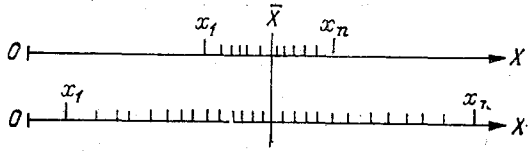


Рис. 5. Варианты разброса значений случайной величины.

Пример 1. При измерении температуры воды ** на одном горизонте с помощью зонда-батометра зарегистрированы следующие 20 отсчетов x_i прибора (до обработки материалов зондирования они безразмерны): $x_1=1207$, $x_2=1209$, $x_3=1207$, $x_4=1204$, $x_5=1211$, $x_6=1202$, $x_7=1205$, $x_8=1208$, $x_9=1210$, $x_{10}=1201$, $x_{11}=1203$, $x_{12}=1204$, $x_{13}=1207$, $x_{14}=1209$, $x_{15}=1203$, $x_{16}=1208$, $x_{17}=1206$, $x_{18}=1202$, $x_{19}=1205$, $x_{20}=1204$.

Вычислить среднее значение отсчетов прибора. По формуле (3) имеем

$$\overline{X} = \frac{x_1 + x_2 + \ldots + x_{20}}{20} \approx 1205{,}75 \approx 1206.$$

Одно среднее значение $\overline{X}$ величины X не дает представления о *качестве* ее измерения: при одной и той же средней величине $\overline{X}$ разброс значений x_i может быть бóльшим или меньшим (рис. 5). Поэтому для характеристики разброса значений случайной величины X вокруг ее истинного значения X_N принимают интегральную сумму произведений квадратов возможных отклонений $[x_i - M(X)]^2$ случайной величины X от ее математического ожидания $M(X)$ на соответствующие этим значениям плотности

---

* В реальных случаях измерений это по-прежнему не что иное, как *действительное* значение.— *Прим. ред.*

** Все последующие рассуждения выполняются при условии, что истинное значение температуры воды оставалось постоянным в течение всего периода измерений.— *Прим. ред.*

вероятности $\rho(x_i)$. Эту характеристику называют *дисперсией* $D(X)$

$$D(X) = \int_{-\infty}^{+\infty} [x_i - M(X)]^2 \rho(X)\, dx. \qquad (4)$$

Более острая форма вершины кривой распределения на графике рис. 4 (A) означала бы меньший разброс значений x_i, а значит, и меньшую дисперсию. Это же означало бы и более точный результат измерений. Если переместить начало координат графика в точку O', соответствующую абсциссе истинного значения X_N, а на оси ординат отложить плотность вероятности появления случайной погрешности $\rho(\mathring{\Delta}X)$, то получим график нормального *распределения случайных погрешностей* (рис. 6). На графике видно: с увеличением погрешности $\mathring{\Delta}X$ плотность вероятности $\rho(\mathring{\Delta}X)$ уменьшается. Она одинакова для одинаковых погрешностей с разными знаками. Наибольшая $\rho(\mathring{\Delta}X)$ соответствует погрешности $\mathring{\Delta}X = 0$. Это означает, что малые погрешности при измерениях встречаются чаще, а появление очень больших погрешностей маловероятно. Если кривая нормального распределения случайных погрешностей симметрична относительно оси ординат, то математическое ожидание $M(\mathring{\Delta}X) = 0$.

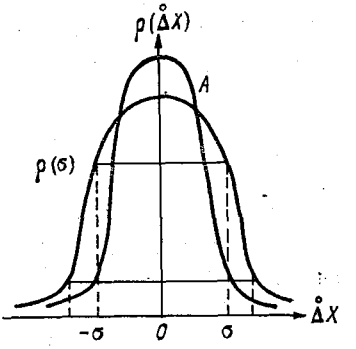


Рис. 6. Нормальное распределение значений случайной погрешности.

В этом случае и среднее значение $\overline{\mathring{\Delta}X}$ случайной погрешности равно нулю:

$$\overline{\mathring{\Delta}X} = \frac{\mathring{\Delta}X_1 + \mathring{\Delta}X_2 + \ldots + \mathring{\Delta}X_n}{n} = 0.$$

Таким образом, качество измерения можно оценить *мерой разброса* случайных погрешностей относительно истинного значения измеряемой величины, а именно дисперсией $D(\mathring{\Delta}X)$. Однако размерность дисперсии равна квадрату размерности случайной погрешности. Для характеристики же разброса удобно пользоваться величиной с размерностью, одинаковой и для случайной погрешности. Для этого принята величина *среднего квадратического отклонения* (или средняя квадратическая

погрешность) $\sigma(X)$, равная положительному значению корня квадратного из дисперсии случайной величины X:

$$\sigma(X) = +\sqrt{D(X)}.$$

Значения $+\sigma$ и $-\sigma$ следует понимать как границы интервала на графике (рис. 6), в пределах которого находятся все значения случайных погрешностей, вероятности появления которых соответствуют ординате ρ_σ.

Практически интеграл (4) заменяют *конечной* суммой из n слагаемых — по количеству n значений x_i измеряемой величины X, а математическое ожидание $M(X)$ — средним значением $\overline{X}$:

$$D(X) = \sigma^2 = \frac{\sum_1^n (x_i - \overline{X})^2}{n-1}. \qquad (5)$$

Отсюда используют приближенное значение $\sigma(X)$, которое в этом случае называют *оценкой* среднего квадратического отклонения:

$$\sigma(X) = \sqrt{\frac{\sum_1^n (x_i - \overline{X})^2}{n-1}}. \qquad (6)$$

Теория доказывает, что при достаточно большом числе n измерений, например $n=15\ldots 20$, практически почти все погрешности попадают в интервал $\pm 3\sigma$. Таким образом, за максимальную погрешность можно принять величину $3\sigma \approx (\mathring{\Delta}X)_{max}$. Кроме того, следует иметь в виду такие соотношения между вероятностями p и средними квадратическими отклонениями, установленными для *нормального* закона распределения случайной величины:

$$p(-3\sigma < X < 3\sigma) \approx 0{,}997,$$
$$p(-2\sigma < X < 2\sigma) \approx 0{,}955,$$
$$p(-\sigma < X < \sigma) \approx 0{,}683. \qquad (7)$$

Таким образом, случайные погрешности измерений, по значению большие 3σ, встречаются крайне редко.

Пример 2. Вычислить оценку среднего квадратического значения погрешности по материалам измерений примера 1 и величину погрешности, вероятность появления которой $p=0{,}955$. Погрешность распределена по нормальному закону.

Составим таблицу вычислений:

№ п/п	x_i	$(\mathring{\Delta}X)_i=x_i-\overline{X}$	$(\mathring{\Delta}X)_i^2$	№ п/п	x_i	$(\mathring{\Delta}X)_i=x_i-\overline{X}$	$(\mathring{\Delta}X)_i^2$
1	1207	1	1	11	1203	—3	9
2	1209	3	9	12	1204	—2	4
3	1207	1	1	13	1207	1	1
4	1204	—2	4	14	1209	3	9
5	1211	5	25	15	1203	—3	9
6	1202	—4	16	16	1208	2	4
7	1205	—1	1	17	1206	0	0
8	1208	2	4	18	1202	—4	16
9	1210	4	16	19	1205	—1	1
10	1201	—5	25	20	1204	—2	4

$$\sum_1^{20}(\mathring{\Delta}X)_i^2=159$$

По формулам (5) и (6) получим

$$D(X)=[\sigma(X)]^2=\frac{159}{19}\approx 8{,}37;$$

$$\sigma(X)=\sqrt{8{,}37}\approx 2{,}89.$$

По соотношению (7) имеем. $p_{2\sigma}=0{,}955$ для $\mathring{\Delta}X=2\sigma(X)=2\cdot 2{,}89=5{,}78$.

Здесь и далее приведены сведения об обработке результатов наблюдений при условии, если случайные погрешности соответствуют *нормальному* закону распределения. Если же это не имеет места, то применяются принципиально иные правила определения статистических оценок *. Поэтому необходима проверка нормальности распределения. Среди нескольких методов такой проверки удобен *способ вероятностной бумаги* (Шенк Х. «Теория инженерного эксперимента». М., Мир, 1973), в качестве которой можно использовать миллиметровку либо отрезок любой приборной ленты с линейной сеткой координат. Для подготовки проверки таким способом сначала подсчитывают количество погрешностей, не превышающих данную граничную погрешность $(\mathring{\Delta}X)_г$ в интервале $-\infty<(\mathring{\Delta}X)<(\mathring{\Delta}X)_г$. Эти погрешности в диапазоне ряда наблюдений откладывают на оси абсцисс от начала координат на середине графика (рис. 7). Далее подсчитывают относительную сумму числа погрешностей, не превышающих данную граничную $(\mathring{\Delta}X)_г$, и откладывают ее на оси ординат в процентах. По полученным точкам проводят среднюю

* См., например, ГОСТ 11.005-74. Правила определения оценок и доверительных границ для параметров экспоненциального распределения и распределения Пуассона.— *Прим. ред.*

линию. Если она близка к прямой и проходит через начало координат графика, то имеет место нормальное распределение погрешностей.

Пример 3. По материалам примеров 1, 2 проверить на нормальность распределение погрешностей ряда наблюдений.

Составим таблицу:

Погрешность $(\mathring{\Delta}X)_i$ в порядке возрастания	Число погрешностей, не превышающих данную $(\mathring{\Delta}X)_г$ в интервале $-\infty<(\mathring{\Delta}X)<(\mathring{\Delta}X)_г$	Относительная сумма числа погрешностей, не превышающих данную, %
1	2	3
—4	1	5
—3	3	15
—2	5	25
—1	8	40
0	10	50
1	10	50
2	13	65
3	15	75
4	17	85

В графе 1 приведем шкалу погрешностей выполненного ряда наблюдений (шкалу оси абсцисс). Подсчитаем количество погрешностей для графы 2. Например, для точки «—1» на оси абсцисс в ряду погрешностей имеется всего 8 погрешностей в интервале $-5<(\mathring{\Delta}X)<-1$. В графе 3 подсчитаем относительные суммы погрешностей. Например, для этой же точки «—1» от общего количества 100 % погрешностей ($n=20$) 8 погрешностей составляют 40 %. Остальные ординаты подсчитываются аналогично. По полученным точкам строим среднюю линию на графике. В данном случае распределение близко к нормальному *.

Вероятность $p(\mathring{\Delta}X)$ нахождения случайной погрешности в интервале $-(\mathring{\Delta}X)_{max}\leqslant\mathring{\Delta}X\leqslant+(\mathring{\Delta}X)_{max}$ с границами $\pm(\mathring{\Delta}X)_{max}$, выбранными заранее в зависимости от требуемой точности измерения, называют *доверительной вероятностью*, а сами границы *доверительными границами* погрешности или *доверительными погрешностями*. При симметричном интервале $\pm(\mathring{\Delta}X)_{max}$ термины употребляются в единственном числе, т. е. *«доверительная граница»*, *«доверительная погрешность»*. Следует также

* Более строгие методы оценки соответствия реального распределения некоторому теоретическому распределению, в том числе и нормальному, основаны на применении так называемых критериев согласия (критерии Пирсона, Колмогорова, ω^2; см., например, ГОСТ 11.006-74).— *Прим. ред.*

отметить, что в технической литературе иногда употребляется термин *«доверительный интервал»*, принятый в математической статистике.

При установленном нормальном законе распределения случайной погрешности доверительную вероятность при заданных доверительных границах погрешности или доверительные границы при заданной доверительной вероятности можно определять с помощью специальных таблиц.

Если количество выполненных наблюдений достаточно велико, то применяется таблица «Интеграл вероятностей Лапласа» (табл. 1).

Пример 4. Определить, какова вероятность p_c нахождения случайной погрешности измерения в материалах примеров 1 и 2 в пределах доверительных границ $\pm(\overset{\circ}{\Delta X})_{max} = \pm 6{,}5$ при $\sigma(X) = 2{,}89$.

Для решения этой задачи необходимо воспользоваться отношением t величины $(\overset{\circ}{\Delta X})_{max}$ к оценке среднего квадратического значения погрешности $\sigma(X)$:

$$t = \frac{(\overset{\circ}{\Delta X})_{max}}{\sigma(X)} = \frac{6.5}{2{,}89} \approx 2{,}25; \qquad (8)$$

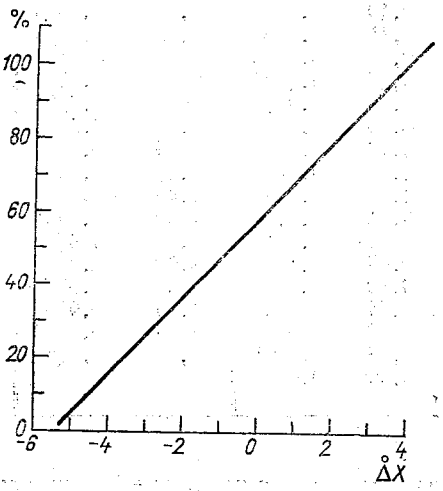


Рис. 7. Способ вероятностной бумаги для проверки нормальности распределения значений случайной погрешности.

далее следует воспользоваться табл. 1, отыскав значение вероятности $\Phi(t)$: $|\Phi(t)|_{t=2,25} = 0{,}9756$. Таким образом, доверительная вероятность $p_c = 0{,}9756$.

Пример 5. Задана доверительная вероятность $p_c = 0{,}8530$. Определить доверительные границы погрешности по материалам примеров 1, 2, 4.

По табл. 1 для доверительной вероятности $\Phi(t) = 0{,}8530$ находим $t = 1{,}45$ и по отношению (8) получаем

$$\pm(\overset{\circ}{\Delta X})_{max} = \pm(t\sigma(X)) = \pm(1{,}45 \cdot 2{,}89) \approx \pm 4{,}18.$$

Следует иметь в виду, что это касается условий так называемых *равноточных* измерений, когда любому значению X_i оказывают *одинаковое* доверие; ряд наблюдений проводится в неизменных условиях.

Из теории известно свойство среднего арифметического $\overline{X}$, которое практически вычисляется из *конечного* числа n значений случайной величины X, а значит, само также является *случайной* величиной. Это свойство заключается в том, что

Таблица 1

Интеграл вероятностей Лапласа

t	$\Phi(t)$	t	$\Phi(t)$	t	$\Phi(t)$	t	$\Phi(t)$
0,00	0,000	0,95	0,6579	1,85	0,9357	2,75	0,9940
0,05	0,0399	1,00	0,6827	1,90	0,9426	2,80	0,9949
0,10	0,0797	1,05	0,7063	1,95	0,9488	2,85	0,9956
0,15	0,1192	1,10	0,7287	2,00	0,9545	2,90	0,9963
0,20	0,1585	1,15	0,7499	2,05	0,9596	2,95	0,9968
0,25	0,1974	1,20	0,7699	2,10	0,9643	3,0	0,9973
0,30	0,2357	1,25	0,7887	2,15	0,9684	3,1	0,9987
0,35	0,2737	1,30	0,8064	2,20	0,9722	3,2	0,9986
0,40	0,3108	1,35	0,8230	2,25	0,9756	3,3	0,99904
0,45	0,3473	1,40	0,8385	2,30	0,9786	3,4	0,99932
0,50	0,3829	1,45	0,8529	2,35	0,9812	3,5	0,99954
0,55	0,4177	1,50	0,8664	2,40	0,9836	3,6	0,99968
0,60	0,4515	1,55	0,8789	2,45	0,9857	3,7	0,99978
0,65	0,4843	1,60	0,8904	2,50	0,9876	3,8	0,99986
0,70	0,5161	1,65	0,9011	2,55	0,9892	3,9	0,99990
0,75	0,5467	1,70	0,9109	2,60	0,9907	4,0	0,99994
0,80	0,5763	1,75	0,9199	2,65	0,9920	4,5	0,99999
0,85	0,6047	1,80	0,9281	2,70	0,9931	5,0	0,999994
0,90	0,6319						

дисперсия среднего арифметического $D(\overline{X})$ в n раз меньше, чем дисперсия случайной величины X:

$$D(\overline{X}) = \frac{D(X)}{n}. \tag{9}$$

Такое уменьшение можно пояснить с помощью графика результатов наблюдений (рис. 8) по материалам примера. На графике видно, что значения x_i случайной величины X имеют бóльший разброс относительно среднего арифметического $\overline{X}$, чем разброс частных значений средних арифметических двух, трех и так далее — до 20 результатов наблюдений.

Среднее квадратическое отклонение $\sigma(\overline{X})$ среднего арифметического $\overline{X}$ соответственно в $\sqrt{n}$ раз меньше ранее вычисленного (см. пример 5) среднего квадратического отклонения $\sigma(X)$. Его оценка с учетом формулы (6) будет

$$\sigma(\overline{X}) = \sqrt{\frac{\sum_{1}^{n}(x_i - \overline{X})^2}{n(n-1)}} = \frac{\sigma(X)}{\sqrt{n}}. \tag{10}$$

Пример 6. Определить оценку среднего квадратического отклонения $\sigma(\overline{X})$ среднего арифметического по материалам примеров 1,2:

$$\sigma(\overline{X}) = \frac{\sigma(X)}{\sqrt{n}} \approx \frac{2{,}89}{\sqrt{20}} \approx 0{,}65.$$

Приведенные факты указывают на то, что повышение числа n наблюдений, например в 4 раза, дает уменьшение среднего квадратического отклонения $\sigma(\overline{X})$ среднего результата наблюдений в 2 раза с прежней доверительной вероятностью. Допустим, что количество наблюдений достаточно велико, например $n>20$, и оценка среднего квадратического отклонения $\sigma(\overline{X})$ изве-

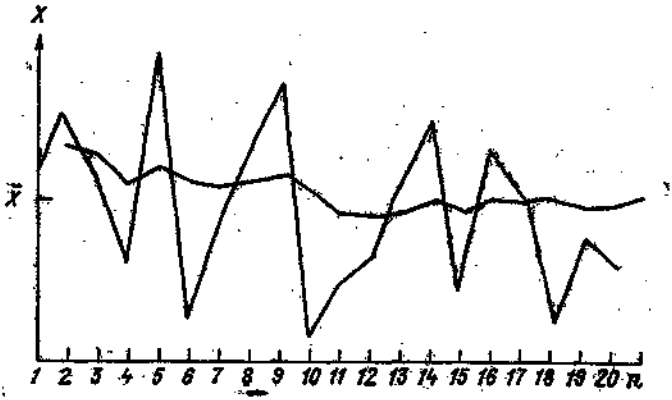


Рис. 8. График результатов наблюдений.

стна. Тогда, используя приведенный выше материал, с помощью таблиц интеграла Лапласа можно решать задачи, аналогичные или сходные с уже приведенными.

Пример 7. По материалам примеров 1 и 2 и заданной доверительной вероятности $p_д=0{,}950$ определить доверительные границы погрешности *однократных* измерений.

По табл. 1 находим для $\Phi(t)=0{,}950$ значение $t=1{,}960$, а по формуле (8)

$$\pm\left(\overset{\circ}{\Delta}X\right)_{max} = \pm t\sigma(\overline{X}) \approx \pm 1{,}95 \cdot 2{,}89 \approx \pm 5{,}66.$$

Пример 8. По материалам примеров 1, 2, 6, 7 определить доверительные границы погрешности среднего арифметического при $n=20$ и доверительной вероятности $p_д=0{,}950$.

Используя найденное в примере 7 значение $t=1{,}960$, а также вычисленное в примере 6 значение $\sigma(\overline{X})=0{,}65$, получим по формуле (8)

$$\pm\overset{\circ}{\Delta}X = \pm \cdot t\sigma(\overline{X}) \approx \pm 1{,}96 \cdot 0{,}65 \approx \pm 1{,}27.$$

Таким образом, при многократных наблюдениях доверительный интервал при той же доверительной вероятности, что и ранее, уменьшился.

При малом числе наблюдений, например $n<20$, и когда неизвестна оценка среднего квадратического отклонения $\sigma(\overline{X})$, также имеется возможность определить доверительный интервал или доверительную вероятность для среднего значения $\overline{X}$ результата наблюдений. Для этого используются таблицы,

составленные по уравнению Стьюдента *. Способы решения этих задач подобны приведенным выше.

Пример 9. Взяв первые 10 значений x_i из примера 1, определить доверительные границы погрешности среднего значения $\overline{X}$ из $n=10$, считая доверительную вероятность $p_c=0{,}980$.

Определим $\overline{X}$ для $n=10$:

$$\overline{X}=\frac{x_1+x_2+\ldots+x_{10}}{10}=1206{,}40.$$

Определим среднее квадратическое отклонение по материалам примера 2 для $n=10$:

$$\sigma(\overline{X})=\sqrt{\frac{\sum_1^n (x_i-\overline{X})^2}{n(n-1)}}=\sqrt{\frac{102}{10(10-1)}}\approx 1{,}06.$$

По табл. 2 распределения Стьюдента для $n=10$ и $p_c=0{,}980$ имеем $t=2{,}76$. Доверительные границы погрешности среднего значения $\pm\varepsilon=\pm(2{,}76\times 1{,}06)\approx\pm 3{,}00$, а среднее значение будет $\overline{X}=1206{,}40\pm 3{,}00$.

Таблица 2

Распределение Стьюдента

n	Значения t при p_c			
	0,90	0,95	0,98	0,99
1	6,314	12,706	31,821	63,657
2	2,920	4,303	6,965	9,925
3	2,353	3,182	4,541	5,841
4	2,132	2,776	3,747	4,604
5	2,015	2,571	3,365	4,032
6	1,943	2,447	3,143	3,707
7	1,895	2,365	2,998	3,499
8	1,860	2,306	2,896	3,355
9	1,833	2,262	2,821	3,250
10	1,812	2,228	2,764	3,169
11	1,796	2,201	2,718	3,106
12	1,782	2,179	2,681	3,055
13	1,771	2,160	2,650	3,012
14	1,761	2,145	2,624	2,977
15	1,753	2,131	2,602	2,947
16	1,746	2,120	2,583	2,921
17	1,740	2,110	2,567	2,898
18	1,734	2,101	2,552	2,878
19	1,729	2,093	2,539	2,861
20	1,725	2,086	2,528	2,845

* Для бо́льших значений n распределение Стьюдента асимптотически сближается с нормальным распределением.— *Прим. ред.*

В ряде значений $x_1, x_2, \ldots, x_i, \ldots, x_n$ возможно появление значений x_{max} либо x_{min} с *грубой погрешностью*, резко выделяющихся по сравнению с основной группой x_i. Для выяснения вопроса, действительно ли данная погрешность является грубой, применяют статистические методы.

В соответствии с рекомендациями ВНИИМ им. Д. И. Менделеева («Методы обработки результатов наблюдений при измерениях».— Труды метрологических институтов СССР, вып. 134 (194). М.; Л., Изд-во стандартов, 1972) используют критерий обнаружения промахов, основанный на том, что данная выборка взята из генеральной совокупности, распределенной по нормальному закону. Это позволяет использовать таблицу *наибольшего по абсолютному значению нормированного отклонения* (табл. 3).

Таблица 3 *

Количество наблюдений n	Уровень значимости $(1-p_c)$			Количество наблюдений n	Уровень значимости $(1-p_c)$		
	0,10	0,05	0,02		0,10	0,05	0,02
3	1,41	1,41	1,41	17	2,55	2,70	2,87
4	1,69	1,71	1,72	18	2,58	2,73	2,90
5	1,87	1,92	1,96	19	2,60	2,75	2,93
6	2,00	2,07	2,13	20	2,62	2,78	2,96
7	2,09	2,18	2,26	21	2,64	2,80	2,98
8	2,17	2,27	2,37	22	2,66	2,82	3,01
9	2,24	2,35	2,46	23	2,68	2,84	3,03
10	2,29	2,41	2,54	24	2,70	2,86	3,05
11	2,34	2,47	2,61	25	2,72	2,88	3,07
12	2,39	2,52	2,66	26	2,73	2,90	3,09
13	2,43	2,56	2,71	27	2,75	2,91	3,11
14	2,46	2,60	2,76	28	2,76	2,93	3,12
15	2,49	2,64	2,80	29	2,78	2,94	3,14
16	2,52	2,67	2,84	30	2,79	2,96	3,16

* Таблица приведена в сокращенном виде.

В случае если реальное нормированное отклонение больше теоретического, полученного из таблицы, результат наблюдения отбрасывают как содержащий грубую погрешность.

Реальное нормированное отклонение вычисляют по формуле

$$t_{max} = \frac{|x_{max} - \bar{X}|}{\sigma(X)} \quad \text{или} \quad t_{max} = \frac{|x_{min} - \bar{X}|}{\sigma(X)}. \qquad (11)$$

При количестве наблюдений $n>50$ теоретическое значение наибольшего нормированного отклонения при заданном уровне значимости $(1-p_c)$ вычисляют несколько более усложненным способом, который здесь не рассматривается.

Пример 10. По материалам примеров 1, 2 проверить, не содержит ли грубую погрешность результат 5-го наблюдения $x_5=1211$ при уровне значимости 0,05 (доверительная вероятность $p_c=0{,}950$).

По формуле (11) определим $t_{\max}$

$$t_{\max}=\frac{|1211-1206|}{2{,}89}\approx 1{,}73.$$

По табл. 3 при $n=20$ найдем теоретическое значение наибольшего нормированного отклонения. Оно равно 2,78.

Поскольку $t_{\max}\approx 1{,}73<2{,}78$, то результат 5-го наблюдения не содержит грубой погрешности.

Рассмотрим ситуацию, когда выполненные измерения *неравноточны*, т. е. когда при повторных измерениях одинаковые условия выполнимы лишь *частично*, некоторые из m рядов наблюдений неодинаково надежны, заслуживают неодинакового доверия из-за различия качества измерительных приборов или из-за недостатка опыта операторов. В этих случаях требуется каждый из рядов наблюдений, выраженных средними значениями $\overline{X}_1, \overline{X}_2, \ldots, \overline{X}_j, \ldots, \overline{X}_m$, оценить по степени доверия к ним. Это выполняется путем присвоения каждому из j-го ряда «веса» p_j, который может быть представлен как величина, обратная дисперсии среднего арифметического $\overline{X}_j$ каждого ряда, т. е.

$$p_j=\frac{1}{|\sigma(\overline{X}_j)|^2}.$$

После этого более надежное значение среднего арифметического результата наблюдений — «среднее взвешенное» — получим по формуле

$$\overline{X}_0=\frac{\overline{X}_1p_1+\overline{X}_2p_2+\ldots+\overline{X}_jp_j+\ldots+\overline{X}_mp_m}{p_1+p_2+\ldots+p_j+\ldots+p_m}. \qquad (12)$$

Если средние квадратические отклонения в рядах наблюдений — $\sigma(\overline{X}_1), \sigma(\overline{X}_2), \ldots, \sigma(\overline{X}_j), \ldots, \sigma(\overline{X}_m)$, то среднее квадратическое отклонение $\sigma(\overline{X}_0)$ среднего взвешенного $\overline{X}_0$ вычисляют по формуле

$$\sigma(\overline{X}_0)=\sqrt{\frac{1}{\left[\frac{1}{\sigma(\overline{X}_1)}\right]^2+\left[\frac{1}{\sigma(\overline{X}_2)}\right]^2+\ldots+\left[\frac{1}{\sigma(\overline{X}_j)}\right]^2+\ldots+\left[\frac{1}{\sigma(\overline{X}_m)}\right]^2}}, \qquad (13)$$

из которой следует, что $\sigma(\overline{X}_0)$ меньше любого $\sigma(\overline{X}_j)$.

Чтобы нагляднее продемонстрировать это следствие, допустим, что имеются два ряда наблюдений со значениями средних квадратических отклонений $\sigma(\overline{X_1})$ и $\sigma(\overline{X_2})$, причем $\sigma(\overline{X_2}) = 0{,}1\sigma(\overline{X_1})$. Тогда

$$\sigma(\overline{X_0}) = \frac{\sigma(\overline{X_1}) \cdot \sigma(\overline{X_2})}{\sqrt{[\sigma(\overline{X_1})]^2 + [\sigma(\overline{X_2})]^2}} = \frac{0{,}1\,[\sigma(\overline{X_1})]^2}{\sigma(\overline{X_1}) \cdot \sqrt{1{,}01}} =$$

$$= \frac{0{,}1\sigma(\overline{X_1})}{\sqrt{1{,}01}} \approx \frac{\sigma(\overline{X_2})}{1{,}005}.$$

Таким образом, $\sigma(\overline{X_0})$ оказалось меньше, чем меньшее из двух средних квадратических отклонений.

Как указывалось ранее (см. п. 1.10), при проведении измерений и обработке их результатов не всегда удается исключить все *систематические* погрешности. *Неисключенные* остатки систематических погрешностей будут присутствовать в каждом результате наблюдений так же, как и случайные погрешности, и могут быть оценены указанием доверительных границ при заданной доверительной вероятности. При этом принято считать, что неисключенные остатки систематических погрешностей имеют *равновероятное распределение.*

Доверительные границы в таком случае можно вычислять по формуле

$$\pm(\Delta X)_c = \pm k \sqrt{\sum_1^n (\pm \Delta X)_{ci}^2}, \qquad (14)$$

где $\pm(\Delta X)_{ci}$ — неисключенный остаток систематической погрешности, вызванной i-той влияющей величиной.

Значение коэффициента k меняется в зависимости от задаваемой доверительной вероятности *:

$$k = 0{,}95 \text{ при } p_c = 0{,}90,$$

$$k = 1{,}1 \text{ при } p_c = 0{,}95,$$

$$k = 1{,}4 \text{ при } p_c = 0{,}99.$$

При вычислении доверительных границ следует иметь в виду, что при $n \leqslant 4$ формулу (14) можно применять только в том случае, если выполняется неравенство

$$(\Delta X)_c < \sum_1^n |(\pm \Delta X)_{ci}|.$$

* При более строгом рассмотрении следует учитывать, что значение k также зависит от n, хотя и в значительно меньшей степени.— *Прим. ред.*

в противном случае $\pm(\Delta X)_c$ вычисляют по формуле

$$\pm(\Delta X)_c = \pm\sum_1^n |(\pm\Delta X)_{ci}|.$$

Неисключенными остатками систематических погрешностей можно пренебречь по сравнению со случайными, если

$$\frac{(\Delta X)_c}{\sigma(\overline{X})} < 0{,}8. \qquad (15)$$

В том случае, если

$$\frac{(\Delta X)_c}{\sigma(\overline{X})} > 0{,}8, \qquad (16)$$

пренебрегают случайными погрешностями, и доверительные границы суммарной погрешности считают такими же, как и доверительные границы неисключенных остатков систематических погрешностей.

Пример 11. При обработке материалов наблюдений приняты во внимание дополнительные систематические погрешности $(\pm\Delta X)_{c1} = \pm 3{,}62$; $(\pm\Delta X)_{c2} = \pm 4{,}37$; $(\pm\Delta X)_{c3} = \pm 3{,}32$. Оценка среднего квадратического отклонения результата измерений $\sigma(\overline{X}) = 0{,}65$. Определить доверительные границы результирующей погрешности $\pm(\Delta X)_{рез}$ при доверительной вероятности $P_д = 0{,}95$.

Проверяем, можно ли применить формулу (14):

$$\sum_1^3 |(\pm\Delta X)_{ci}| = 11{,}31;$$

$$\pm(\Delta X)_c = 1{,}1\sqrt{\sum_1^3 (\pm\Delta X)_{ci}^2} \approx \pm 7{,}25.$$

Поскольку $7{,}25 < 11{,}31$, доверительные границы систематической погрешности принимаем равными $\pm 7{,}25$.

По формуле (15) проверяем, можно ли пренебречь случайными погрешностями:

$$\frac{(\Delta X)_c}{\sigma(\overline{X})} = \frac{7{,}25}{0{,}65} \approx 11 > 8.$$

В связи с этим доверительные границы суммарной погрешности

$$\pm(\Delta X)_\Sigma = 1{,}1\sqrt{\sum_1^n (\pm\Delta X)_{ci}^2} \approx \pm 7{,}25.$$

В общем случае, когда имеет место соотношение

$$0{,}8 < \frac{(\Delta X)_c}{\sigma(\overline{X})} < 8, \qquad (17)$$

становится необходимым учитывать оба вида погрешностей.

Этот учет осложняется тем, что учитываемые случайные погрешности и неисключенные остатки систематических погрешностей характеризуются различными законами распределения.

Рекомендуется * в таких случаях суммарную погрешность $\pm(\Delta X)_\Sigma$ вычислять по формуле

$$\pm(\Delta X_\Sigma) = \pm(z\sigma_\Sigma), \qquad (18)$$

где z — коэффициент, σ_Σ — оценка среднего квадратического отклонения композиции случайных погрешностей и неисключенных остатков систематических погрешностей.

Значение σ_Σ определяется выражением

$$\sigma_\Sigma = \sqrt{[\sigma(\overline{X})]^2 + \frac{1}{3}\sum_1^n (\pm\Delta X)_{ct}^2}, \qquad (19)$$

а коэффициент z вычисляется по эмпирической формуле

$$z = \frac{t\sigma(\overline{X}) + (\Delta X)_c}{\sigma(\overline{X}) + \sqrt{\frac{1}{3}\sum_1^n (\mp\Delta X)_{ct}^2}}, \qquad (20)$$

где значение t находится по табл. 1 или табл. 2, в зависимости от количества выполненных наблюдений.

Пример 12. Среднее значение $\overline{X}=1206$; при проверке возможности пренебречь случайными погрешностями оказалось

$$\frac{1{,}1\sqrt{\sum_1^n (\pm\Delta X)_{ct}^2}}{\sigma(\overline{X})} = \frac{1{,}1\sqrt{2{,}45}}{0{,}65} \approx 2{,}65,$$

$t=1{,}96$ (см. пример 7) при доверительной вероятности $p_0=0{,}950$. Определить окончательный результат измерения $X=\overline{X}\pm(\Delta X)$.

Определяем σ_Σ:

$$\sigma_\Sigma = \sqrt{\frac{1}{3}2{,}45 + 0{,}65^2} \approx 1{,}11.$$

Вычисляем коэффициент z:

$$z = \frac{1{,}96 \cdot 0{,}65 + 1{,}1\sqrt{2{,}45}}{0{,}65 + \sqrt{\frac{1}{3}\cdot 2{,}45}} \approx 1{,}93.$$

Определяем доверительную границу погрешности результата измерения:

$$\pm(\Delta X_\Sigma) = \pm(z\sigma_\Sigma) \approx \pm(1{,}93 \cdot 1{,}11) \approx \pm 2.$$

---

* Методы обработки результатов наблюдений при измерениях.— Труды метрологических ин-тов СССР, вып. 134 (194). М.; Л., Изд-во стандартов, 1972.

Окончательный результат измерения будет

$$X = 1206; \quad \Delta X_{\text{д}} = \pm 2; \quad p_{\text{с}} = 0{,}950.$$

1.12. Погрешности при косвенных измерениях

Рассмотрим вопросы оценки результата *косвенных* измерений — когда значение измеряемой величины является *функцией других* величин $x_1, x_2, \ldots, x_j, \ldots, x_k$, каждая из которых измерена *прямыми* методами:

$$Y = f(x_1, x_2, \ldots, x_j, \ldots, x_k). \tag{21}$$

При этом имеется в виду, что корреляционной связи между любыми парами аргументов $x_1, x_2, \ldots, x_j, \ldots, x_k$ нет.

Как систематические, так и случайные погрешности измеряемых аргументов $x_1, x_2, \ldots, x_j, \ldots, x_k$ влияют на погрешности косвенных измерений величины Y. При условии, что систематические погрешности *исключены*, а случайные погрешности не зависят друг от друга, среднее значение $\overline{Y}$ измеряемой величины получают по формуле

$$\overline{Y} = f(\overline{X}_1, \overline{X}_2, \ldots, \overline{X}_j, \ldots, \overline{X}_k), \tag{22}$$

используя средние значения измеряемых аргументов.

После вычисления оценок средних квадратических отклонений $\sigma(\overline{X}_1), \sigma(\overline{X}_2), \ldots, \sigma(\overline{X}_j), \ldots, \sigma(\overline{X}_k)$ от средних значений измеряемых аргументов $\overline{X}_1, \overline{X}_2, \ldots, \overline{X}_j, \ldots, \overline{X}_k$ для определения оценки среднего квадратического отклонения $\sigma(\overline{Y})$ при *косвенном* измерении используется формула

$$\sigma(\overline{Y}) = \sqrt{\left[\frac{\partial Y}{\partial x_1}\sigma(\overline{X}_1)\right]^2 + \left[\frac{\partial Y}{\partial x_2}\sigma(\overline{X}_2)\right]^2 + \ldots + \left[\frac{\partial Y}{\partial x_j}\sigma(\overline{X}_j)\right]^2 + \ldots + \left[\frac{\partial Y}{\partial x_k}\sigma(\overline{X}_k)\right]^2}, \tag{23}$$

где $\partial Y/\partial x_1, \partial Y/\partial x_2, \ldots, \partial Y/\partial x_j, \ldots, \partial Y/\partial x_k$ — частные производные функции

$$Y = f(x_1, x_2, \ldots, x_j, \ldots, x_k).$$

Анализ косвенных измерений показывает, что, в отличие от прямых измерений, здесь может *возникнуть систематическая* погрешность $(\Delta Y)_{\text{с}}$, определяемая по формуле

$$(\Delta Y)_{\text{с}} = \frac{1}{2}\sum_{j=1}^{k}\left(\frac{\partial^2 Y}{\partial x_j^2}\right)[\sigma(\overline{X}_j)]^2,$$

где $\partial^2 Y/\partial x_j^2$ — вторые частные производные по аргументам X_j.

Для исключения систематической погрешности $(\Delta Y)_c$ ее необходимо вычесть из среднего значения $\overline{Y}$.

Если число измерений $n_j > 20$, то для окончательной обработки результата $\overline{Y}$ косвенного измерения, как и в примере 5, по выбранной доверительной вероятности p_c, вспомогательному параметру t из табл. 1 находят доверительный интервал для случайной погрешности $\pm(\mathring{\Delta}Y)$:

$$\pm\left(\mathring{\Delta}Y\right) = t\sigma\left(\overline{Y}\right). \tag{24}$$

Если $n_j < 20$, то используется таблица (табл. 2) распределения Стьюдента, для которой *вместо действительного* числа n рассчитывают специальное n_c по формуле

$$n_c = \frac{\left[\sum_{j=1}^{k} \frac{\partial Y}{\partial x_j}\sigma\left(\overline{X}_j\right)\right]^2}{\sum_{j=1}^{k} \frac{1}{n_j - 1}\left(\frac{\partial Y}{\partial x_j}\right)^2 \left[\sigma\left(\overline{X}_j\right)\right]^2}, \tag{25}$$

где n_j — число наблюдений каждой из величин-аргументов; k — число измеряемых прямыми методами аргументов. Пользуясь вычисленным n_c и выбранной доверительной вероятностью p_c, находят вспомогательный параметр t. С помощью последнего вычисляют доверительную погрешность

$$\pm\left(\mathring{\Delta}Y\right) = t\sigma\left(\overline{Y}\right). \tag{26}$$

Окончательный результат косвенного измерения будет

$$\overline{Y} = \overline{Y} - (\Delta Y)_c \pm \left(\mathring{\Delta}Y\right). \tag{27}$$

1.13. Стандартные показатели точности. Порядок обработки материалов и формы представления результатов измерений

Из приведенных выше сведений о погрешностях при прямых и косвенных измерениях следует, что числовое значение результата измерений всегда содержит погрешности, а значит, в каждом конкретном случае должно быть охарактеризовано некоторыми стандартными *показателями точности*. Такие показатели установлены ГОСТом 8.011-72 «Показатели точности измерений и формы представления результатов измерений», а именно:

— интервал, в котором погрешность измерения находится с заданной вероятностью;

— интервал, в котором систематическая * составляющая погрешности находится с заданной вероятностью;

— числовые характеристики систематической составляющей погрешности измерения;

— числовые характеристики случайной составляющей погрешности измерения;

— функция распределения (плотность вероятности) систематической составляющей погрешности;

— функция распределения (плотность вероятности) случайной составляющей погрешности.

При характеристике точности в зависимости от *способа* ее выражения используются различные сочетания указанных показателей.

Точность может быть выражена следующими способами (ГОСТ 8.011-72):

1) интервалом, в котором с установленной вероятностью находится *суммарная погрешность* измерений;

2) интервалом, в котором с установленной вероятностью находится *систематическая* составляющая погрешности измерения, стандартной аппроксимацией функции распределения *случайной* составляющей погрешности и средним квадратическим отклонением случайной составляющей;

3) стандартными аппроксимациями функций распределения *систематической* и *случайной* составляющих погрешности и ее средними квадратическими отклонениями;

4) реальными функциями распределения *систематической* и *случайной* составляющих погрешности.

При проведении *многократных* измерений числовое значение *результата* измерений получают путем математической обработки ряда наблюденных значений. Примеры методики такой обработки рассмотрены в п. 1.11 и 1.12.

Следует отметить, что многократные измерения в экспедиционной практике мало применимы, поскольку обычно отсутствует убежденность в том, что истинное значение измеряемой величины за период проведения измерений остается постоянным. Чаще всего многократные измерения проводятся при исследовании метрологических свойств новых приборов, а также при поверке рабочих средств измерений.

В случае *однократных* измерений (наблюдений) результат каждого наблюдения характеризуется показателями точности применяемого средства измерений.

---

* Здесь, как и далее, имеются в виду неисключенные остатки систематической составляющей погрешности.

В зависимости от использованных способов выражения точности применяют следующие формы представления результатов измерений:

а) для 1-го способа в общем виде

$$A;\ \Delta \text{ от } \Delta_н \text{ до } \Delta_в;\ p;$$

где A — результат измерения; Δ — стандартное обозначение суммарной погрешности; $\Delta_н$ и $\Delta_в$ — соответственно нижняя и верхняя доверительные границы суммарной погрешности; p — доверительная вероятность.

Пример: 122 см/с; Δ от -1 до $+2$ см/с; $p = 0{,}99$;

б) для 2-го способа

$$A;\ \Delta_с \text{ от } \Delta_{с.н} \text{ до } \Delta_{с.в};\ p_с;\ \tilde{\sigma}\left(\mathring{\Delta}\right);\ f^{ст}_{\mathring{\Delta}}(\xi),$$

где $\Delta_с$ — стандартное обозначение систематической составляющей погрешности; $\Delta_{с.н}$ и $\Delta_{с.в}$ — нижняя и верхняя границы систематической составляющей погрешности; $p_с$ — вероятность, с которой систематическая составляющая погрешности находится в указанных границах; $\tilde{\sigma}(\mathring{\Delta})$ — оценка среднего квадратического отклонения случайной погрешности; $f^{ст}_{\mathring{\Delta}}(\xi)$ — стандартная аппроксимация * функции распределения случайной составляющей погрешности.

Пример: 105 см/с ; $\Delta_с$ от 1 до 2 см/с; $p_с = 0{,}95$; $\tilde{\sigma}\left(\mathring{\Delta}\right) = 1$ см/с, норм.;

в) для 3-го способа

$$A;\ \tilde{\sigma}(\Delta_с);\ f^{ст}_{\Delta_с}(\xi);\ \tilde{\sigma}\left(\mathring{\Delta}\right);$$
$$f^{ст}_{\mathring{\Delta}}(\xi);$$

где $\tilde{\sigma}(\Delta_с)$ — оценка среднего квадратического отклонения систематической составляющей погрешности; $f^{ст}_{\Delta_с}(\xi)$ — стандартная аппроксимация функции распределения систематической составляющей погрешности.

Пример: 44 см/с; $\sigma(\Delta_с) = 1$ см/с; равн.; $\tilde{\sigma}\left(\mathring{\Delta}\right) = 2$ см/с; норм.;

г) для 4-го способа

$$A;\ f_{\Delta_с}(\xi);\ f_{\mathring{\Delta}}(\xi),$$

---

* ГОСТ 8.011-72 устанавливает 7 видов стандартной аппроксимации, в том числе *нормальную* (норм.), *трапециевидную* (трап.) *равномерную* (равн.) и т. д.

где $f_{\Delta_c}(\xi)$ и $f^{\circ}_{\Delta}(\xi)$ — реальные функции распределения (плотности вероятностей) соответственно систематической и случайной составляющих погрешности, задаваемые таблицами, графиками или формулами.

Пример: $24B$;

$$f_{\Delta_c}(\xi) = \frac{1}{4}\frac{1}{B} \text{ при } -2B \leqslant \xi \leqslant 2B;$$

$$f_{\Delta_c}(\xi) = 0 \text{ при } -2B > \xi > 2B;$$

$$f^{\circ}_{\Delta}(\xi) = \frac{1}{2\sqrt{2\pi}} \exp\left(-\frac{\xi^2}{8}\right)\frac{1}{B},$$

При оформлении многих результатов измерений, имеющих одинаковые показатели точности, эти показатели можно указывать только один раз для всех результатов.

1.14. Погрешности средств измерений. Понятие о классе точности приборов

Все средства измерений обладают погрешностями, которые можно разделить по разным признакам на несколько групп:

а) по **характеру** поведения измеряемой величины X:

— *статические* — присущие приборам при измерении постоянных или очень медленно изменяющихся величин;

— *динамические* — присущие приборам при измерении быстро изменяющихся величин;

б) по **характеру** поведения погрешностей:

— *систематические*;

— *случайные*;

в) по **условиям** появления:

— *основные* — появляющиеся в *нормальных* условиях. Последние указываются в формулярах приборов, а при отсутствии указаний они выбираются по ГОСТам, например температура окружающей среды 15—25 °С; напряжение питания $220 \pm \frac{22}{33}$ В; влажность воздуха 30—80 %; частота питающего тока 49—51 Гц; рабочее положение $\pm 2°$;

— *дополнительные* — погрешности, вызванные отклонением значений влияющих величин от нормальной области значений, указанной в формулах, например изменение показаний прибора в % от влияния внешнего магнитного поля напряженностью 400 А/м, 50 Гц;

г) по **способам выражения:**

— *абсолютная* погрешность; эта погрешность имеет размерность измеряемой величины и может быть выражена:

1) одним значением

$$\Delta = \pm a, \tag{28}$$

где a — постоянная величина;

2) двучленной формулой, отображающей зависимость от показаний прибора X:

$$\Delta = \pm(a + bX), \tag{29}$$

где b — постоянная величина;

— *приведенная* погрешность; эта погрешность выражается формулой

$$\gamma = \pm \frac{100\Delta}{X_н} (\%), \tag{30}$$

где $X_н$ — так называемое *нормирующее* значение, например конечное значение шкалы прибора;

— *относительная* погрешность; ее выражают одной из следующих формул:

$$\delta = \pm \frac{100\Delta}{X} = \pm c\,(\%); \tag{31}$$

$$\delta = \pm \frac{100\Delta}{X} = \pm\left[c + d\left(\frac{X_к}{X} - 1\right)\right]; \tag{32}$$

$$\delta = \pm\left[c + d\left|\frac{X_0}{X} - 1\right|\right], \tag{33}$$

где c и d — постоянные числа; $X_к$ — конечное значение диапазона измерений или диапазона значений сигнала на входе преобразователя; X_0 — значение измеряемой величины или сигнала на входе преобразователя, при котором предел допускаемой погрешности имеет минимальное значение.

В соответствии с числовыми значениями допускаемых пределов основной и дополнительной погрешностей и с учетом некоторых других свойств, влияющих на точность измерений, для средств измерений устанавливаются *классы точности.*

Если пределы допускаемых погрешностей выражены в единицах измеряемой величины формулами (28) и (29), то таким средством измерений присваиваются классы точности, обозначаемые порядковыми номерами, например **кл. 1, кл. 2** и т. д.

Средствам измерений, у которых пределы допускаемых погрешностей выражены в виде (30), присваиваются классы точности, выбираемые из ряда чисел

$1 \cdot 10^n$; $1{,}5 \cdot 10^n$; $2 \cdot 10^n$; $2{,}5 \cdot 10^n$; $4 \cdot 10^n$; $5 \cdot 10^n$; $6 \cdot 10^n$,

где $n = 1;\ 0;\ -1;\ -2$ и т. д.

При этом в зависимости от вида нормирующего значения могут применяться два типа условных обозначений, например:

а) 1,5 (для $\gamma = \pm 1{,}5\ \%$);

б) (для $\gamma = \pm 0{,}5\ \%$).

В случае выражения пределов допускаемых погрешностей формулой (31) числовое значение класса точности совпадает со значением модуля δ и помещается в кружок, например

для $\delta = \pm 0{,}5\ \%$.

Если используются формулы (32) и (33), то в числовом выражении класса точности указываются значения c и d, разделенные косой чертой, причем для формулы (33) дополнительно у значения d ставится знак модуля, например:

а) 0,02/0,01 [здесь в формуле (32) $c = 0{,}02$, $d = 0{,}01$];

б) 0,5/10,11 [здесь в формуле (33) $c = 0{,}5$, $d = 0{,}1$].

В некоторых случаях, устанавливаемых *ведомственными стандартами*, допускается также использование специальных обозначений классов точности.

Условные обозначения классов точности наносятся на шкалу либо переднюю панель изготовляемых средств измерений.

1.15. Классификация средств измерений по условиям эксплуатации

Средства измерений приходится применять в различных условиях, иногда резко отличающихся от нормальных. Например, температура и влажность окружающей среды могут соответствовать экстремальным значениям в периоды полярной зимы, тропического лета, средства измерений могут подвергаться влиянию электрических и магнитных полей, тряске, вибрации (в судовых условиях) и т. д. Эти и другие условия являются факторами, вносящими *дополнительные* погрешности. ГОСТ 1845-59 для электроизмерительных приборов устанавливает несколько признаков, по которым классифицируются приборы на *классы* и *группы*.

Весьма значительное влияние на состояние многих элементов электрической схемы и механических узлов прибора оказывает температура окружающей среды. По диапазону этой температуры приборы подразделяются на 5 групп: *А*, *Б*, B_1, B_2, B_3. Например, для группы *А* рабочая температура равна 10—35 °С при относительной влажности 80 %. При этом увеличение температуры на каждые 10 °С не должно изменять показаний приборов более чем на 0,05—4,0 % в зависимости от класса точности при-

бора. Для приборов группы *А* установлен и предельный интервал температур, после пребывания прибора в условиях предельной температуры его основная погрешность не должна изменяться.

Соответственно более широкие интервалы рабочих и предельных температур установлены для групп *Б* (для сухих неотапливаемых помещений), $В_1$, $В_2$, $В_3$ (для морских, полевых условий и передвижных установок).

Приборы, предназначенные для сухого и влажного тропического климата, имеют заводское обозначение с буквой «Т», например М4250Т.

Для некоторых приборов существенно отклонение от его рабочего положения. Поэтому ГОСТ устанавливает допустимые углы этого отклонения. При этом дополнительная погрешность не превышает значения класса точности прибора. Рекомендуемое горизонтальное положение шкалы обозначается на ней знаком ⊓, вертикальное ⊥, а другие положения ∠60°.

Внешнее магнитное поле напряженностью 400 А/м не должно изменять показания I категории приборов более чем на ±(0,5÷÷2,5) % и II категории — более чем на ±5 % в зависимости от класса точности. Обозначение на шкалах, например, для магнитоэлектрического прибора I категории защищенности от магнитного поля — ⊡.

По **устойчивости** приборов **к механическим воздействиям** они подразделяются следующим образом:

— *обыкновенные* с повышенной прочностью обозначаются «ОП» (выдерживают ускорение до 15 м/с²);

— *тряскопрочные* — «ТП». Эти подразделяются в свою очередь на 9 групп в зависимости от класса точности и допустимого ускорения при тряске;

— *тряскоустойчивые* — «ТН». Они подразделяются также на 3 группы;

— *вибропрочные* — «ВП». Они подразделяются на 8 групп;

— *виброустойчивые* — «ВН». Подразделяются на 6 групп;

— *ударопрочные* — «УП».

По **защищенности** от влияния внешней среды приборы подразделяются и обозначаются следующим образом:

— *брызгозащищенные* — «БЗ»;

— *водозащищенные* — «ВЗ».

— *герметичные* — «ГМ»;

— *газозащищенные* — «ГЗ»;

— *пылезащищенные* — «ПЗ»;

— *взрывобезопасные* — «ВБ».

Вопросы и задания

1. Каковы задачи метрологии и ее значение в народном хозяйстве СССР и, в частности, в современной океанографии?
2. Как классифицируются виды измерений?
3. Какие существуют методы прямых измерений?
4. Как классифицируются погрешности измерений по характеру поведения? По происхождению?
5. Какова разница между средним квадратическим отклонением и оценкой среднего квадратического отклонения?
6. Что такое доверительная вероятность и доверительные границы погрешности?
7. В чем особенность погрешностей результатов косвенных измерений?
8. Приведите примеры стандартных форм представления результата измерений.
9. Как классифицируются по условиям появления погрешности средств измерений?
10. В чем отличие относительной и приведенной погрешностей?

Глава 2
СИСТЕМА ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЕДИНСТВА ИЗМЕРЕНИИ

2.1. Государственная система обеспечения единства измерений

Единство измерений — это состояние, при котором результаты выражены в узаконенных единицах и погрешности измерений известны с заданной вероятностью (ГОСТ 16263-70). В масштабе государства единство измерений (ГСИ) обеспечивается путем *стандартизации* мер и эталонов, метрологических категорий для различного рода научной и практической деятельности, метрологических характеристик измерительных средств, технологии и методик производства измерений, поверок и испытаний, форм представления результатов измерений; использованием стандартных образцов, материалов, веществ, а также стандартных справочных сведений.

Повышение уровня метрологического дела в стране обеспечивается целым комплексом мер и стандартов государственной системы обеспечения единства измерений. ГСИ обеспечивает научную и практическую деятельность государственных органов, предприятий, организаций и учреждений СССР метрологическими нормами и правилами в процессе определения, сохранения и повышения точности измерений и достоверности их результатов.

Единый комплекс документов ГСИ содержит *технические нормы* по следующим основным разделам: единицы физических величин и воспроизведение их с помощью эталонов; передача размеров физических величин рабочим средствам с заданной точностью; установление норм на метрологические характеристики средств измерений; единые перечни, способы представления и оценки метрологических характеристик самих измерительных средств; порядок стандартизации и аттестации методик измерений; требования к производству государственных испытаний, поверкам, ревизиям средств измерений; оформление результатов измерений.

Основные положения ГСИ сформулированы в ГОСТе 8.000-72. Общие правила и нормы обеспечения единства измерений изложены в государственных стандартах. Для этой цели Госстандартом изданы: «Нормируемые метрологические характеристики средств измерений» (ГОСТ 8.009-72); «Организация и порядок проведения поверки, ревизии и экспертизы средств измерений» (ГОСТ 8.002-71); «Общие требования к стандартизации и аттестации методик выполнения измерений» (ГОСТ 8.010-72); «Показатели точности измерений и формы представления результата измерения» (ГОСТ 8.011-72); «Организация и порядок проведения государственных испытаний средств измерений» (ГОСТ 8.001-71); Стандарты на государственные первичные эталоны основных и производных физических величин и ряд других стандартов.

На основе государственных стандартов разрабатываются *отраслевые*, *ведомственные* и *специальные* нормы конкретных методик измерений и измерительные средства. Государственная метрологическая служба имеет отраслевые подразделения, которые обеспечивают метрологический надзор внутри ведомств. Они в свою очередь обеспечивают правильность применения средств измерений, контролируют соблюдение правил законодательной метрологии, планомерно осуществляют внедрение прогрессивных методов и средств измерений. Например, Госстандартом СССР принята программа комплексной стандартизации изделий приборостроения, включающая создание единой системы стандартов в этой отрасли промышленности для упорядочения и разработки и производства высококачественных средств измерений. Программа призвана обеспечить рациональный выбор объектов стандартизации, способствовать повышению технического уровня и качества изготовления средств измерений, сбора, преобразования, обработки и хранения измерительной информации. Поскольку достижения и продукцию приборостроения все шире используют океанография и метеорология, эти меры окажут благотворное влияние на состояние измерительного дела в этих сферах научной и практической

деятельности и дадут существенный экономический эффект. Министерства и ведомства СССР имеют в своей структуре органы метрологической службы, обеспечивающие *метрологический надзор* в конкретной отрасли народного хозяйства за соблюдением правил законодательной метрологии, за внедрением прогрессивных методов и средств измерений, за их состоянием и за правильностью применения.

2.2. Эталоны и их роль в обеспечении единства измерений. Образцовые и рабочие средства измерений

Единство измерений обеспечивается, если все средства измерений любой из физических величин проградуированы с требуемой точностью в одинаковых единицах этой физической величины. Поэтому необходимы средства воспроизведения размеров единиц физических величин, хранения их и способы передачи измерительным приборам.

Размеры единиц воспроизводятся, хранятся и передаются специальными техническими средствами — *эталонами.* Они должны обладать наивысшей точностью и стабильностью, особенно если воспроизводят основные физические единицы, так как от этого зависит точность измерения всех производных величин.

Первичным эталоном называется средство или комплекс средств измерения, воспроизводящий и хранящий единицу физической величины с наивысшей в стране точностью. Если для первичного эталона постановлением Госстандарта утвержден специальный стандарт, то он является *государственным* эталоном. Первичные государственные эталоны должны воспроизводить основные единицы Международной системы единиц СИ и большинство ее производных единиц. Так, государственным первичным эталоном, воспроизводящим и хранящим размер одной из основных в системе СИ — единицы времени, является специальное соружение. Это — комплекс сложных физико-технических устройств, в котором имеются кварцевые генераторы, делители частоты, устройства для их сличения и другие вспомогательные средства. Погрешность воспроизведения секунды этим эталоном $3 \cdot 10^{-12}$ с. Его обслуживают специалисты высокой квалификации. Ответственным лицом является ученый — хранитель государственного первичного эталона времени.

Существуют государственные первичные эталоны для воспроизведения размеров других физических величин. В связи с непрерывным прогрессом науки и техники требования к точности эталонов повышаются, поэтому они время от времени совершенствуются. В СССР к концу 11-й пятилетки должно быть

в действии более 200 эталонов различных физических величин. Для более надежного определения размера единиц физических величин государственные эталоны периодически сличаются с *международными* эталонами, находящимися в ведении Международного бюро мер и весов.

Для обеспечения сохранности первичных эталонов и для выполнения поверочных работ создаются и утверждаются *вторичные* эталоны. Значения воспроизводимых ими физических величин устанавливаются по первичным эталонам. Вторичные эталоны могут иметь разное назначение. Например, *эталон-свидетель* предназначается для замены первичного в случае его порчи. Вторичным *эталоном сравнения*, например, является группа нормальных элементов, которая применяется для сличения государственного эталона вольта СССР с эталоном вольта Международного бюро мер и весов. Непосредственное сличение этих двух эталонов невозможно. *Эталоны-копии*, по устройству не всегда аналогичные первичному эталону, используются для передачи размера физической единицы так называемым *рабочим* эталонам, которые применяются для передачи ее размера *образцовым* средствам измерения высшей точности. Вторичные эталоны используются в головных органах метрологической службы — институтах, их филиалах и ведущих лабораториях.

В государственных и ведомственных органах метрологической службы для поверки и градуировки других измерительных средств используются *образцовые* средства измерений. Это — меры, измерительные устройства и приборы, утвержденные только для этих целей. На них выданы специальные *свидетельства* с указанием их метрологических характеристик и *разряда*. Образцовые средства применяются главным образом для передачи размеров единиц *рабочим* средствам измерения. Последние используются на рабочих местах в различных технологических процессах и при обычных наблюдениях.

2.3. Схема передачи размеров единиц физических величин от эталонов к рабочим средствам измерения

Передача размеров единиц каждой физической величины от эталонов к рабочим средствам измерений производится по утвержденному в установленном порядке документу, который называется *поверочной схемой*. Требования к построению и содержанию такого документа изложены в ГОСТе 8.042-72. В поверочной схеме указывается ступенчатая метрологическая цепь *операций поверки* (рис. 9).

От первичных эталонов с помощью рабочих эталонов размеры единиц передаются образцовым средствам разных *классов*.

При этом рабочие средства повышенной точности могут поверяться образцовыми средствами высших *разрядов*. Для разных видов измерений стандартами устанавливается определенное число разрядов образцовых средств. Поверочными схемами определены наименования первичных эталонов, вторичные

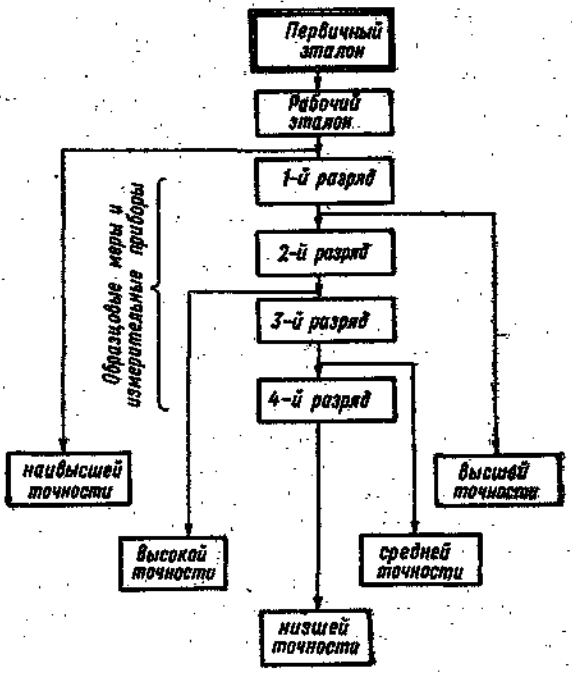


Рис. 9. Схема передачи единиц к рабочим средствам измерений.

эталоны, последовательность операций, точность передачи единиц измерений и используемые при этом образцовые и рабочие измерительные средства. Поверочные схемы применяются для *поверки* — определения метрологическим органом погрешностей средства измерений и установления его пригодности к применению. В качестве примера поверочной схемы приведена схема (рис. 10) для передачи размера электродвижущей силы (ЭДС) от эталона *нормальных элементов* посредством устройств для сравнения (компараторов или потенциометров постоянного тока) к образцовым и далее к рабочим нормальным элементам. На полях поверочной схемы, соответствующих ступеням передачи размеров единицы, прямоугольниками указываются наименова-

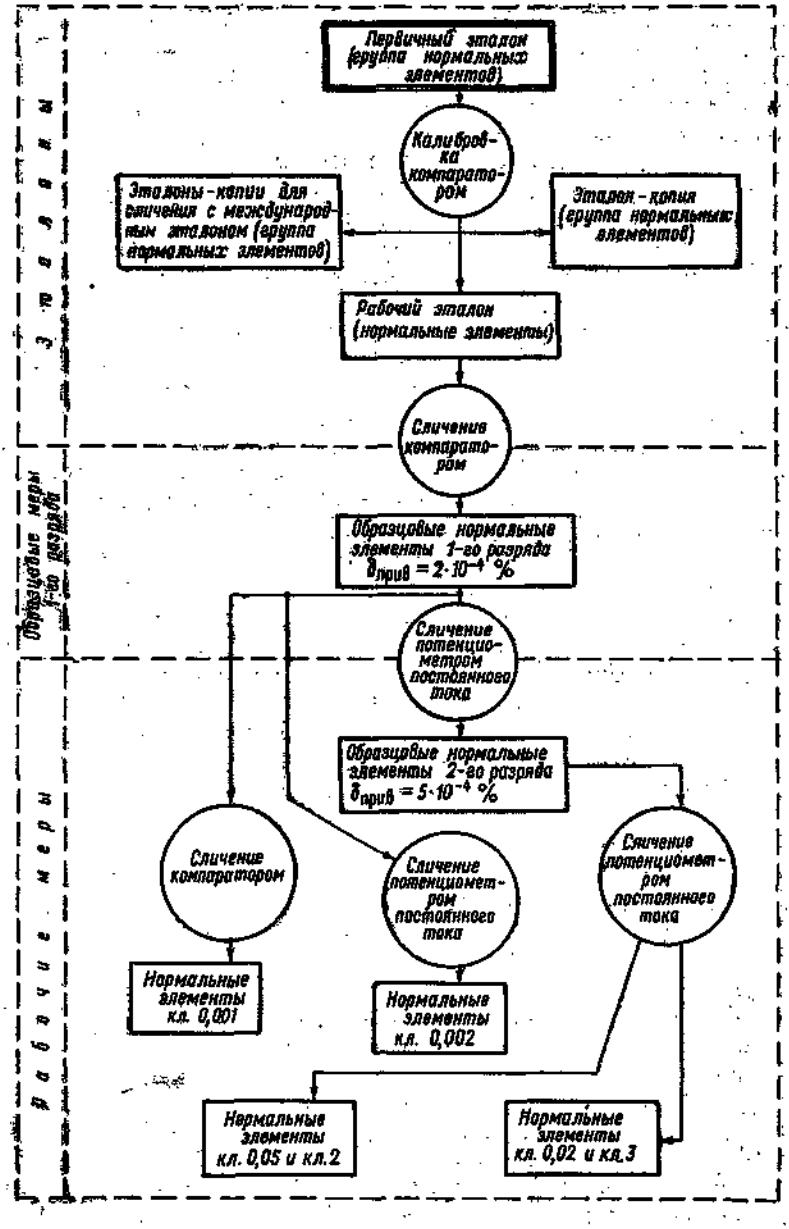


Рис. 10. Поверочная схема для нормальных элементов ЭДС.

ния эталонов, образцовых и рабочих средств измерения с их погрешностями или классами точности. Линиями указывается соподчиненность между средствами измерения. На пунктирных линиях между полями в кругах указываются методы поверки. Таким образом, поверочными схемами устанавливаются точность образцовых средств и их типы, а также соотношения между допускаемыми погрешностями эталонов, образцовых и рабочих средств измерения. К поверочным схемам прилагаются пояснительные тексты с подробными сведениями об эталонах и образцовых средствах и методах поверки. Указываются и учреждения Госстандарта, в которых применяются эталоны и образцовые средства измерений.

На крупных предприятиях и учреждениях подразделениями метрологической службы разрабатываются поверочные схемы для групп рабочих измерительных средств разных классов точности, применяемых в данном учреждении, с указанием для приборов каждого класса точности конкретных образцовых средств определенного разряда. Поверочные схемы могут составляться для конкретных условий и иметь более удобную форму, например комплект таблиц или ведомостей.

Поверка рабочих средств измерения. Для готовой продукции на заводе или после ремонта производится *первичная* поверка средств измерения. В период эксплуатации и хранения их через установленные интервалы времени производится *периодическая* поверка, а перед вводом в действие или в ответственные периоды эксплуатации производится *внеочередная* поверка. В случае ревизии в порядке метрологического надзора вышестоящей организацией за состоянием измерительного дела производится *инспекционная* поверка.

Все средства измерений подлежат либо *государственной*, либо *ведомственной* поверке. Она выполняется лицами, имеющими специальную подготовку в системе Госстандарта СССР. Периодичность поверок устанавливается в зависимости от конкретного характера измерений и типа этих средств: от ежегодных поверок до раза в пять лет.

Государственной поверке подлежат измерительные средства, применяемые в самих органах государственной и ведомственной метрологических служб.

Процедура поверки бывает очень трудоемкой, поэтому в последнее время разработаны системы для автоматической поверки и документирования ее результатов с применением ЭЦВМ.

Главной операцией поверки является оценка погрешностей средств измерения. В зависимости от их конструкции применяются следующие варианты поверок:

1) поверка по *образцовой мере*. Например, омметр, к которому подключен магазин сопротивлений, может поверяться под-

бором сопротивлений магазина для оцифрованных отметок на шкале омметра;

2) поверка с помощью *прибора сравнения*: при сличении мер сопротивления с помощью измерительного моста постоянного тока;

3) поверка *непосредственным сличением*, например сличением показаний ртутных термометров, один из которых является образцовым.

При поверке основные погрешности определяются при *нормальных* условиях. Выявляются размеры *вариации показаний*. Для этого показания средств измерений снимаются минимум дважды: при плавном возрастании измеряемой величины и при плавном ее убывании так, чтобы в каждом случае указатель поверяемого прибора двигался к очередной отметке шкалы, не минуя ее.

Перед поверкой рабочих средств измерений они подвергаются тщательному внешнему осмотру на отсутствие неисправностей. Это обеспечивает надежность результатов поверки.

Пределы допускаемых приведенных основных погрешностей образцовых средств должны быть в 3—5 раз меньше, чем у поверяемых.

2.4. Документация на рабочие измерительные средства: протокол испытаний, паспорт, формуляр. Клеймение. Срок периодических поверок

Обобщенное название документа, которым сопровождается измерительное средство при выпуске с завода-изготовителя,— *выпускной аттестат*. В зависимости от особенностей конструкции, назначения, технического обслуживания, класса точности прибора содержание аттестата может быть различным, например краткое описание принципа действия, принципиальной схемы, инструкция по использованию и ремонту, комплектность, гарантийный срок службы прибора, клеймо о поверке и испытаниях, перечень метрологических характеристик, таблицы и графики поправок, коэффициентов и другая информация.

Таким документом может быть *паспорт*. Если выпускной аттестат содержит бланки для записи сведений об эксплуатации прибора, о разных видах и сроках ремонта, консервации, фактах и причинах отказов, о результатах поверок, модернизации, изменениях в схеме, выводах о годности прибора и т. д., то этот документ называется *формуляром*.

Операции поверки средств измерений в метрологических органах и их результаты отражаются в *протоколе поверки*. Он должен содержать также возможно более полную информацию

о характеристиках поверяемого средства и условиях, при которых проводится поверка. В протоколе должны быть сведения о метрологических характеристиках образцового средства, режимах работы и способах использования. Важнейшими сведениями в протоколе также являются сведения о температуре окружающей среды, атмосферном давлении, наличии электромагнитного поля, положении прибора при поверке. В протоколе поверки указываются номера приборов и заводы-изготовители. На основании проведенного анализа результатов поверки в протокол записывается вывод о пригодности поверяемого средства к использованию.

По результатам *государственной* поверки оформляется *свидетельство о поверке*, содержащее главные характеристики прибора: наименование, назначение, модификацию, заводской номер, принцип действия, пределы измерения, класс точности или допускаемую погрешность, таблицы поправок и другие.

Поверка в *ведомственных* метрологических органах оформляется также выдачей *свидетельства о поверке*, в которое заносится большинство тех же сведений о приборе.

Для средств, которые используются при менее ответственных измерениях и ниже по точности, перечень сведений о результатах поверки может быть сведен к минимуму. При этом указывается, что данное средство удовлетворяет требованиям определенного стандарта. Вместо свидетельства в этих случаях на специальной пробке или пломбе, препятствующей доступу к внутренним узлам прибора, наносится *клеймо* либо просто на открытой поверхности корпуса наносится *оттиск*.

Клеймо государственной поверки имеет элементы государственного герба, условное изображение поверяющего органа, год и месяц поверки. Ежегодно расположение элементов рисунка клейма изменяют. Поверка средств измерения этой же категории в ведомственных метрологических органах также может оформляться нанесением клейма. Его рисунок должен иметь ясное отличие от государственного клейма.

Периодичность *обязательной государственной* поверки установлена государственными стандартами: в большинстве случаев — через один или два года, за исключением мер, которые не изменяются в течение срока службы (например, химическая мерная посуда поверяется один раз при выпуске).

Периодичность *ведомственных* поверок устанавливается внутриведомственными документами. При этом со временем накапливается информация о результатах длительной эксплуатации средств измерений, проводится их анализ, делаются выводы, и сроки поверок могут пересматриваться. Некоторые средства измерений, хранившиеся на складах, также изменяют свои погрешности. Это же происходит с ними и во время ре-

монта. Поэтому перед введением таких средств измерений в эксплуатацию они подлежат поверке.

Работа с приборами и оборудованием на судах и станциях, расположенных у моря в условиях повышенной влажности и воздействия морской воды, способствует корродированию и быстрому износу некоторых узлов и элементов. Поэтому совершенно необходимы своевременная поверка и качественный уход за такими средствами измерения в полном соответствии с требованиями руководств, наставлений и инструкций. На основании документа о периодичности поверок, утвержденного начальником Технического управления Госкомгидромета, технические отделы территориальных управлений издают инструкции о периодичности государственных и ведомственных поверок средств измерений с указанием для каждого прибора или типа конкретных межповерочных интервалов и кем именно производится поверка. Этими инструкциями установлено, например, что измерительные мосты всех систем поверяются 1 раз в 2 года, секундомеры — 1 раз в год в местных органах Госстандарта; термометр глубоководный — 1 раз в 2 года в отделе технического контроля экспериментально-производственных мастерских ГГО; самописец течения БПВ-2 — 1 раз в год в тарировочном бассейне; волнографы ГМ-61, ГМ-62, эхолот ПЭЛ-3 — то же на месте установки инспектором или специалистом бюро поверки.

Результаты поверки в учреждениях Госкомгидромета отражаются в свидетельствах (аттестатах, паспортах, формулярах) на данное средство измерения. Если прибор не имеет свидетельства, то результаты поверки заносятся в специальный «Журнал поверки приборов».

2.5. Поверка рабочих измерительных средств в метрологических центрах и лабораториях Госстандарта СССР

Органы Государственной метрологической службы занимаются решением различных научно-технических проблем метрологии. Это — не только разработка системы государственных эталонов единиц и поверочных схем, создание методов и образцовых средств измерений, но и надзор за приборостроением и эксплуатацией средств измерений. Эта контрольная функция выполняется путем *государственных испытаний* вновь выпускаемых средств измерений, а также путем *ревизии* ведомственной метрологической службы на предприятиях и учреждениях. Ревизия проводится с целью предотвратить серийное производство средств измерений без ведома Госстандарта СССР, способствовать прекращению производства измерительных приборов

устаревших типов, контролировать качество продукции в приборостроении и ремонта средств измерений.

Кроме того, Государственная метрологическая служба определяет физические константы и физико-химические свойства веществ и материалов, а также производит *стандартные* образцы с этими свойствами. Создаваемые в СССР и некоторое количество закупаемых за границей средств измерений также должны соответствовать единым требованиям и нормам Госстандарта. Единство и достоверность измерений при этом обеспечиваются системой *государственных испытаний*, установленной ГОСТом 8.001-71. В нем содержатся правила и нормы, поставлены задачи, изложена организация и порядок проведения государственных испытаний. Производится два вида таких операций — *приемочные* и *контрольные* испытания.

Приемочные государственные испытания предназначаются для опытных образцов новых средств измерений или приобретенных из-за рубежа. По результатам приемочных испытаний Госстандарт СССР утверждает новое средство измерений, и оно вносится в *Государственный реестр мер* и измерительных приборов СССР. В этом случае в стране разрешается производство этого средства с нанесенным на него знаком Государственного реестра. Выполняет приемочные испытания и составляет соответствующий акт *государственная комиссия*, назначаемая Госстандартом СССР. К приемочным испытаниям должны быть приготовлены аппаратура и поверочное средство для их проведения с тремя испытуемыми образцами измерительного средства и проектом методики испытаний. При выполнении приемочных испытаний устанавливаются:

— перечень метрологических характеристик, подлежащих контролю при выпуске данного средства измерения;

— метрологические характеристики и возможность их реализации при серийном производстве данного средства измерения;

— соответствует ли средство измерения техническому заданию и требованию стандартов;

— перечень изменений, которые необходимо внести в конструкцию и документацию;

— межповерочные сроки для данного средства измерения.

В процессе государственных приемочных испытаний проверяется соответствие нормированных показателей надежности и методов их контроля требованиям нормативно-технической документации. Большое значение придается проверке возможностей ремонта средства измерения. Проверяется также наличие условий для *поверки*, технических средств, нормативно-технической документации и квалифицированных кадров поверителей на производстве.

При *государственных контрольных* испытаниях определяется соответствие средств измерений утвержденному Госстандартом СССР типу, требованиям стандартов и технических условий, а в случае периодического ввоза измерительных средств из-за границы проверяется и фирменная документация. Контрольные испытания проводятся также метрологическими организациями Госстандарта для испытания образцов средств измерения в серийном производстве на заводе-изготовителе в течение всего времени производства или приобретения средства измерения из-за рубежа. Они также назначаются в случаях ухудшения качества продукции, при выпуске установочной серии, при существенном изменении конструкции и в порядке государственного надзора за качеством средств измерения. Комиссия, выполняющая контрольные испытания, указывает в акте ее решение о модернизации либо о продолжении или запрещении производства данного средства измерения.

Республиканские управления и территориальные учреждения стандартизации и метрологии Госстандарта СССР разрабатывают методику государственных испытаний и анализируют результаты, собирают информацию об опыте эксплуатации средств измерения, прошедших государственные испытания, с целью выявить технический уровень разработок.

В ряде случаев по рекомендациям приемочной комиссии производится доработка изделий для улучшения их технических характеристик.

Госстандартом СССР установлены сроки обязательной *государственной поверки* рабочих средств измерения следующих групп:

— применяемых органами государственной метрологической службы;

— применяемых при учете материальных ценностей, при расчетах и в торговле (весоизмерительные приборы, расходомеры, счетчики электроэнергии, газа, воды, нефтепродуктов и др.);

— связанных с охраной здоровья и техникой безопасности (дозиметры, рентгенометры, радиометры, медицинские термометры и т. д.);

— применяемых при регистрации официальных спортивных национальных рекордов.

Метрологическая ревизия проводится органами Государственной метрологической службы и также является формой метрологического надзора за соблюдением единства измерений на предприятиях приборостроения, складах и торгующих организациях. При ревизии контролируются выполнения правил поверки средств измерений, уровень технологии их производства и качество продукции. В акт ревизии комиссия вносит предло-

жения о сроках устранения конкретных недостатков, об изъятии из применения нестандартных средств измерения.

Метрологическая экспертиза проводится при возникновении споров по существу актов государственных ревизий, испытаний или поверок. Экспертиза проводится органами Государственной метрологической службы, о чем составляется акт с результатами и выводами. Он утверждается руководителем этого органа и направляется заинтересованным сторонам, а в случаях нанесения ущерба народному хозяйству — в следственные органы.

2.6. Роль государственной службы стандартных образцов (ГССО) и государственной службы стандартных и справочных данных (ГСССД) в обеспечении единства измерений

Во многих отраслях народного хозяйства широко используются *стандартные образцы* веществ и материалов. Они применяются для поверки и градуировки средств и методов измерений и контроля качества сырья и готовой продукции сличением химических, механических, физических, оптических, электрических, магнитных и других свойств с такими же свойствами стандартных образцов.

Стандартные образцы веществ и материалов подразделяются на стандартные *образцы свойств* и стандартные *образцы состава*. Они используются в качестве веществ или тел, каждое из которых представляет собой меру одной из величин, соответствующих какому-либо свойству. В зависимости от назначения стандартные образцы разделяются по точности определения значения их свойств на *образцовые меры* — по *разрядам* и *рабочие меры* — по *классам точности* в соответствии со стандартными нормами. Стандартные образцы различаются также по чистоте, количеству и соотношению компонентов; по агрегатному состоянию; по методу анализа поверяемых образцов, например спектральному или химическому. Практически они служат для контроля результатов различного вида анализов, для градуировки или поверки средств измерения. Использование стандартных образцов способствует повышению точности измерений.

Стандартные образцы аттестуются в метрологических органах, снабжаются свидетельством или клеймом и регистрируются в Государственном реестре средств измерений.

Предприятия и учреждения при необходимости приобрести нужные стандартные образцы свойств или состава для контроля

качества своей продукции или для проверки результатов исследований могут заказать их и получить в органах Государственной службы стандартных образцов.

Таким образом, ГССО является составной частью Государственной метрологической службы и также призвана обеспечивать единство измерений в стране.

В различных отраслях народного хозяйства, науки и техники для самых разнообразных целей используется несколько миллионов веществ и материалов. Им присущи многие свойства, изменяющиеся в широких пределах в зависимости от физического, механического и химического воздействия. В качестве примера стандартного образца свойств и состава можно привести так называемую нормальную воду, используемую для гидрохимических определений в океанографии. Одно это вещество только при разных значениях температуры имеет много различных свойств: плотность, вязкость, электропроводность, сжимаемость, теплоемкость, поверхностное натяжение, скорость распространения звука, диэлектрическую и магнитную проницаемости и другие. Для успешного проектирования, конструирования и эксплуатации океанографических измерительных приборов необходимо иметь сведения о разных свойствах и обычной морской воды.

В настоящее время накоплена информация о более 1000 различных свойств и материалов, число которых продолжает расти. Поэтому возросла необходимость стандартизации, упорядочения сбора и хранения достоверной информации этого рода. Оперативная обработка большого объема этой информации — автоматизация процесса ее поступления, классификация, статистическая обработка и снабжение справочными данными многочисленных потребителей — возможна лишь на современной технической базе информационно-вычислительных центров.

Госстандартом для этой цели создана *Государственная служба стандартных и справочных данных* (ГСССД). Она действует на основе единых научных, методических и организационных положений. ГСССД издает справочники, каталоги и таблицы для постоянных потребителей информации или по запросам. Для накопления данных ГСССД имеет межотраслевую систему сбора достоверной информации и производит работы по измерению новых свойств веществ и материалов по стандартным методикам. ГСССД работает под общим руководством Госстандарта СССР, центральной организацией ГСССД является Всесоюзный научно-исследовательский центр ГСССД (ВНИЦ ГСССД). Таким образом, ГСССД обеспечивает эффективное использование веществ и материалов путем снабжения потребителей полной и оперативной информацией. Ее деятельность направлена на повышение производительности научного

и инженерного труда за счет уменьшения затрат на поиск такого рода информации, на обеспечение требуемой точности значений физических констант, на ускорение изыскания новых необходимых в народном хозяйстве веществ и материалов.

2.7. Метрологическая служба Государственного комитета СССР по гидрометеорологии и контролю природной среды. Ее основные задачи. Права и обязанности лиц, ответственных за состояние и применение средств измерения

Для выполнения всего огромного объема измерений в подразделениях Государственного комитета СССР по гидрометеорологии и контролю природной среды в повседневной оперативной работе используются многочисленные измерительные средства. Достоверность результатов этой работы в виде сообщений, прогнозов, справочных каталогов, ежегодников и других данных зависит от правильной эксплуатации средств измерений. Поэтому Госкомгидромет, как и другие ведомства, нуждается в метрологическом обеспечении измерительных работ.

Ведомственная метрологическая служба Госкомгидромета — одна из составных частей метрологической службы СССР. Она организована в его учреждениях и на предприятиях с главной целью — выполнять систематическую работу по обеспечению единства измерений в системе этих подразделений по следующим разделам:

— обеспечение единства и достоверности измерений;
— контроль состояния измерительной техники;
— технический учет и проверка средств измерения;
— проверка правильности применения измерительных приборов и мер;
— организация разработки и внедрения новых измерительных средств;
— внедрение стандартов и методик поверки;
— установление оптимальных сроков поверки, разработка поверочных схем;
— проведение государственных приемочных испытаний;
— участие в проведении государственных контрольных испытаний серийных приборов;
— информация по вопросам метрологии;
— обобщение опыта эксплуатации средств измерения, организация технической учебы и курсов повышения квалификации;
— обеспечение необходимого взаимодействия с Госстандартом и другими ведомствами;

— хранение образцовых мер.

В поверочных органах Госкомгидромета все средства измерения в утвержденные сроки по предписанному перечню и установленной технологии подлежат обязательной поверке и клеймению.

Руководство метрологической службой Госкомгидромета поручено главному метрологу Технического управления. Центральный орган метрологической службы Госкомгидромета координирует работу метрологических подразделений на периферии и согласовывает общие мероприятия с Госстандартом. Главный метролог с группой метрологии и государственных испытаний организует также работу базовой испытательной организации, лабораторий поверки научно-исследовательских институтов и бюро поверки местных управлений Госкомгидромета. В зависимости от характера и объема работ в подразделениях организуется конкретная форма метрологической службы. Функции бюро поверки приборов, применяемых для сети, выполняют отделы либо лаборатории некоторых головных учреждений Госкомгидромета, например ОТК ЭПМ при Главной геофизической обсерватории им. А. И. Воейкова. Органом, контролирующим состояние измерительных средств Госкомгидромета, является также Регистр СССР при Министерстве гражданского воздушного флота.

В каждом территориальном управлении Госкомгидромета также организована метрологическая служба под руководством *главного метролога.* В отделах техники территориальных управлений назначаются *поверители.* В лабораториях, монтажно-ремонтных партиях и гидрометобсерваториях работают *специалисты-инспекторы,* допущенные к выполнению работ, связанных с метрологическим обеспечением деятельности подразделений. На судах и станциях Госкомгидромета приказом начальника управления назначаются *ответственные за средства измерения.*

Поверка приборов общегосударственного значения в подразделениях Госкомгидромета производится также и в местных бюро поверки Госстандарта. Ответственный за средства измерения по согласованию с отделом техники отправляет дорогостоящие приборы в управление Госкомгидромета, где они могут быть списаны по его решению либо отремонтированы. Если средство измерения имеет ведомственное значение, то поверка производится в организациях Госкомгидромета по инструкциям о сроках и технологии поверки: она повторяется всякий раз, когда ее срок по инструкции наступает вновь.

В подразделениях Госкомгидромета по плану метрологических органов и Регистра ГВФ Госстандарта производятся *поверки-инспекции.*

Ни один измерительный прибор или измерительная система не должны быть в эксплуатации, не будучи подвергнутыми поверке. Приборы-индикаторы должны иметь клеймо «И» на шкале. Учебные приборы поверке не подлежат, а должны иметь клеймо «У».

Если средства измерения должны храниться в законсервированном состоянии на складе, то для них выделяется специально оборудованное помещение, в котором обеспечиваются условия для хранения. При этом вместе с приборами должны храниться их сертификаты, а перед вводом в действие они должны быть поверены согласно положению о поверке. Средства измерения, подвергшиеся консервации и выдержавшие этот срок, подлежат обязательной поверке перед вводом в эксплуатацию.

Начальник подразделения отдает распоряжение о вводе в эксплуатацию приборов после поверки, организует отправку приборов на ремонт и поверку, приобретение и изучение в подразделении необходимых справочных пособий и инструкций вышестоящих органов по части метрологии.

Материалы наблюдений, полученные не поверенными в срок средствами измерений, *бракуются*.

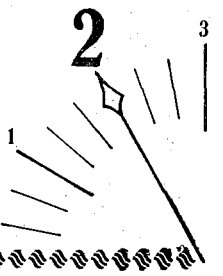
Ответственный за средства измерения осуществляет контроль за их использованием. Он составляет *график поверки*, ведет *журнал учета поверок* и технического обслуживания, а также технические сертификаты и паспорта этих средств, взаимодействует с местным органом Госстандарта по части контроля за состоянием измерительного дела в своем подразделении; докладывает главному метрологу о нарушениях правил эксплуатации средств измерения.

Вопросы и задания

1. Для чего предназначены первичные государственные эталоны?
2. Какие средства измерений применяются для передачи размеров единиц рабочим средствам?
3. Что представляет собой поверочная схема?
4. Каким должно быть соотношение между классами точности у образцовых поверяемых средств измерений?
5. Какие сведения об измерительном средстве содержит выпускной аттестат?
6. Какие сведения об измерительном средстве содержит свидетельство о поверке?
7. Какие группы средств измерения подлежат обязательной государственной поверке?
8. Каково назначение стандартных образцов и какими свойствами они обладают?
9. Что обеспечивает ГСССД?
10. Кто выполняет функции метрологической службы в подразделениях Госкомгидромета?

Раздел 2

МОРСКИЕ ГИДРОЛОГИЧЕСКИЕ НАБЛЮДЕНИЯ



Введение (69). Оборудование океанографических судов (70). Промерно-грунтовые работы (88). Отбор проб морской воды (100). Измерение температуры воды (115). Наблюдения над волнением моря (138). Наблюдения над ледяным покровом (149). Наблюдения над колебаниями уровня моря (171). Наблюдения над морскими течениями (191). Определение прозрачности и цвета моря (223). Подготовка океанографической информации к механизированной обработке (227). Организация океанографических наблюдений (240). Инспекция морских гидрометеорологических постов (249).

ВВЕДЕНИЕ

Первые физические измерения в океане были выполнены русскими исследователями О. Коцебу и Э. Ленцем на шлюпе «Предприятие» в 1823—1826 гг., однако более или менее регулярные океанографические наблюдения стали проводиться с последней трети XIX в. («Челленджер», «Витязь» и др.).

До 50-х годов XX в. для исследования океана применялась в основном простейшая океанографическая аппаратура, состоящая из механических (неэлектрических) приборов и устройств. Эта аппаратура дала возможность собрать ценный материал по океанографическому режиму отдельных океанов и морей.

Целый ряд неэлектрических приборов с незначительными усовершенствованиями продолжают широко использовать в практике океанографических работ и в настоящее время, что связано с определенными трудностями в разработке и массовом внедрении современных электрических автоматических океанографических приборов. Однако следует отметить, что крупным недостатком в исследовании океана зачастую является отсутствие материала по метрологическим свойствам многих неэлектрических приборов.

В настоящем разделе описывается вспомогательное оборудование океанографических судов, применяющиеся в настоящее время неэлектрические приборы и методы наблюдений с помощью этих приборов. Также рассмотрены способы первичной обработки материалов наблюдений и подготовка их к механизированной обработке на ЭВМ, методы организации океанографических наблюдений и правила техники безопасности при их производстве.

Глава 3
ОБОРУДОВАНИЕ ОКЕАНОГРАФИЧЕСКИХ СУДОВ

3.1. Океанографические лебедки, их размещение на судне и работа с ними

Для выполнения работ в океанах и морях суда оборудуются океанографическими лебедками, с помощью которых на заданные глубины опускают различные приборы. Различают ручные и электрические лебедки. Первые применяют для опускания легких приборов с небольших судов, вторые — для опускания серии из нескольких легких приборов или тяжелых приборов на большие глубины.

В настоящее время многие суда оборудованы лебедками ЛЭРОК (лебедка электроручная океанографическая), разработанными в двух вариантах — ЛЭРОК-0,5, барабан которой вмещает 4500 м троса диаметром 3,4—3,6 мм, и ЛЭРОК-1,2, рассчитанная 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.

ЛЭРОК (рис. 11) состоит из следующих основных частей: барабана с редуктором *1*, тросоукладывающего механизма *2*, ножного ленточного тормоза *3*, кулачкового контроллера *4*, электромотора *5*. Барабан *1* своими цапфами опирается на две стойки *6* и *8* со сферическими подшипниками, установленными на раме *7*. Тросоукладывающий механизм *2* состоит из винта с перекрестной (правой и левой) нарезкой, также установленного в подшипниках на стойках *6* и *8*, двух направляющих и каретки тросоукладчика, на которой смонтированы блок-счетчик и динамометр. Переводом рычага каретка выключается и может быть установлена в любое положение вращением червячного винта вручную посредством рукоятки *10*.

Лебедка снабжена ножным ленточным тормозом *3*, состоящим из стальной ленты, имеющей обкладку из тормозной асбестовой ткани, и педали, выведенной около места установки контроллера *4*. Ручной ленточный тормоз *9* служит для закрепления барабана в заданном положении. Он также состоит из тормозной ленты с асбестовой обкладкой, винта и маховика.

ЛЭРОК-0,5 имеет электродвигатель ДПМ-31 постоянного тока напряжением 220 В, мощностью 11,5 кВт и шестикулачковый контроллер, позволяющий давать лебедке пять скоростей

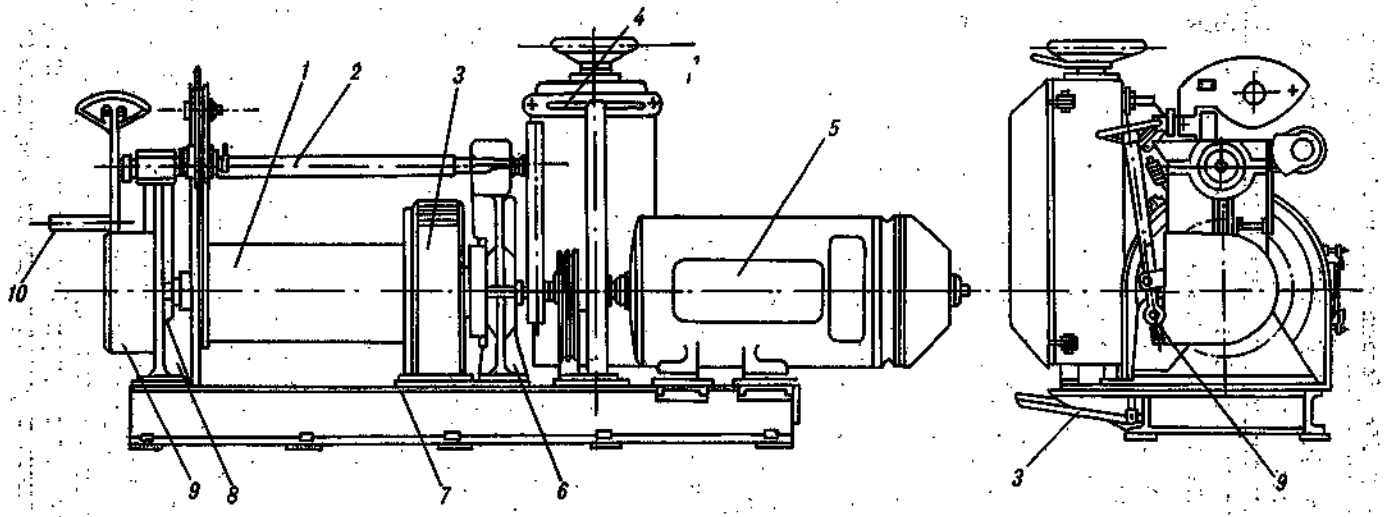


Рис. 11. Лебедка ЛЭРОК.

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

в пределах от 0 до 4,3 м/с. У ЛЭРОК-1,2 установлен двигатель ДПМ-42 мощностью 35 кВт.

Освобождением тормозного шкива можно разобщить барабан с электромотором и при необходимости приборы можно опускать под действием собственной массы, не включая электромотор.

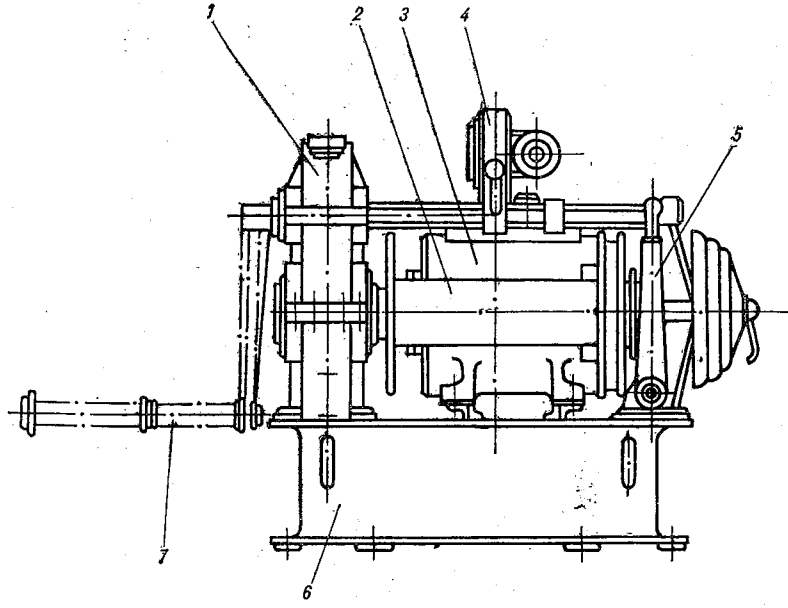


Рис. 12. Лебедка ЛГ-1200.

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

Лебедка имеет ручной аварийный привод, которым через цепную передачу осуществляется вращение барабана. При работе электродвигателя цепь ручного привода должна быть снята.

Для опускания приборов на глубину до 1200 м предназначена лебедка ЛГ-1200 (рис. 12), состоящая из следующих основных частей: барабана *2*, рамы *6*, коробки передач *1*, тросоукладывающего механизма *4*, электромотора *3* и контроллера. Барабан установлен на валу на двух подшипниках: один конец в коробке передач, другой — в стойке барабана. С одной стороны барабана приварен обод, внутри которого помещена муфта-тормоз, осуществляющая сцепление барабана с валом. Муфта-тормоз состоит из двух фрикционных дисков, соединенных с валом, и одного тормозного диска, соединенного с ободом

барабана. Фрикционные диски с помощью пружины сжимают тормозной диск и сцепляют барабан с валом. Расцепление муфты-тормоза производится с помощью рычага *5*, усилия которого передаются на фрикционные диски, освобождающие тормозной диск.

Изменением силы нажатия на рычаг можно регулировать скорость вытравливания троса под действием массы приборов. Для закрепления барабана в нужном положении служит подпружиненная собачка, которая может упираться в выступы на ободе барабана. Собачка расположена на валике в кронштейне, закрепленном на раме болтами.

Выбирание троса производится при помощи электромотора постоянного тока МПМ-12 мощностью 3,2 кВт. Вращение вала мотора передается на вал барабана при помощи шестерен, находящихся в коробке передач. С помощью контроллера можно переключать скорости вращения барабана от 0,4 до 2,7 м/с. При выходе из строя электропривода выбирание троса производится рукояткой *7*.

Над барабаном расположен тросоукладывающий механизм *4*, состоящий из двух направляющих валов, винта с перекрестной нарезкой и каретки тросоукладчика. Винт связан с шестернями коробки передач, которые передают ему вращение барабана. Челнок каретки перемещается по нарезке, переходя на концах винта с левой нарезки на правую и наоборот. Каретка при этом скользит по направляющим, равномерно укладывая трос на барабане.

Все части лебедки укреплены на раме *6*, имеющей отверстия для крепления лебедки к палубе судна.

Ранее выпускалась океанографическая лебедка «Океан» в двух вариантах: большая для работы на любых глубинах и малая для глубин до 4000 м.

Лебедка (рис. 13) состояла из следующих основных частей: рамы *7*, барабана *6*, тросоукладывающего механизма *5*, редуктора *2*, колодочного тормоза *3* с ножным приводом *12*, храпового механизма *11* для остановки лебедки, электромотора *1*, контроллера *13*. На каретке тросоукладывающего механизма устанавливались блок-счетчик *4* для измерения длины вытравленного троса и динамометр *14* для определения нагрузки на трос.

При работах с дистанционными океанографическими приборами использовался кабельный приставной барабан к лебедке «Океан» емкостью 400 м при диаметре кабеля 12 мм. Ось кабельного барабана посредством переходной муфты соединялась со свободным концом оси барабана лебедки.

Нашла применение также двухбарабанная кабельная лебедка (рис. 14), имеющая два барабана *1*, которые могут

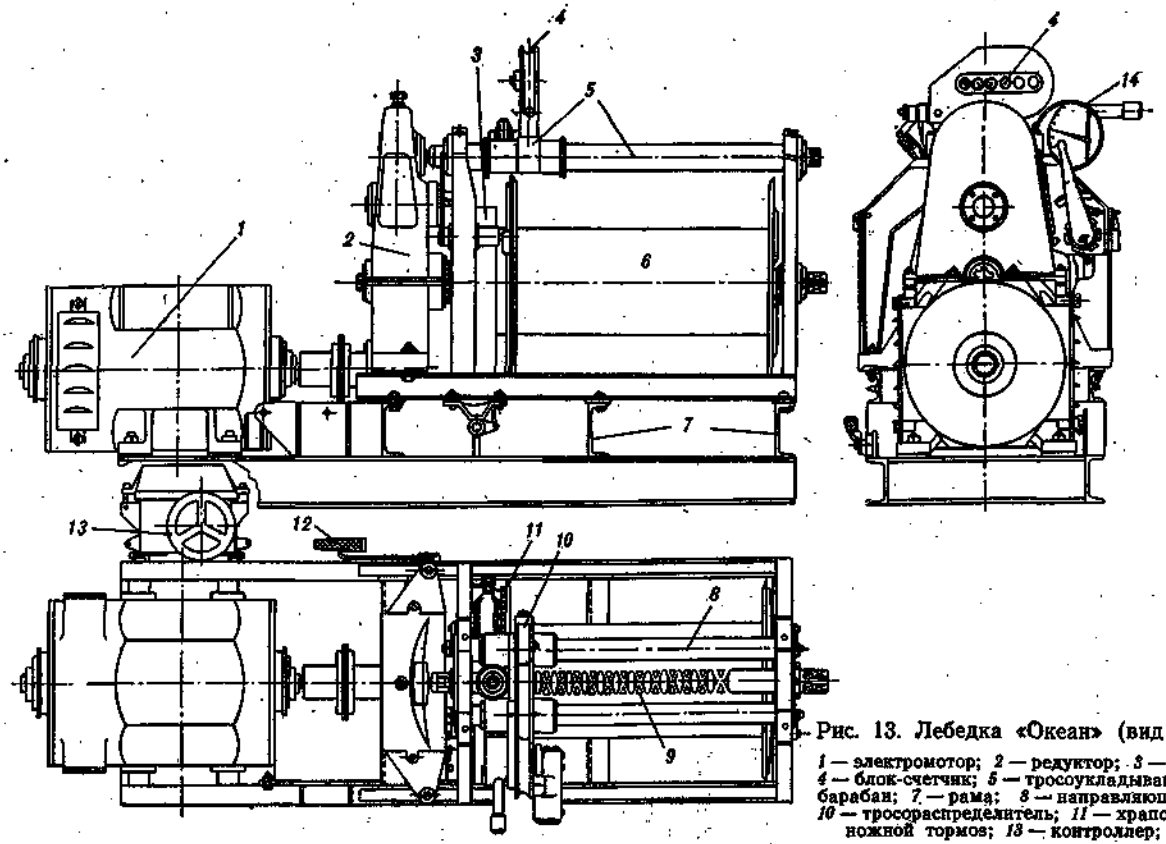


Рис. 13. Лебедка «Океан» (вид сбоку и сверху).

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.

вращаться вместе и раздельно. Передача от вала двигателя к барабанам осуществляется через червячный редуктор 2. Подключение каждого барабана к редуктору производится с помощью кулачковой муфты, передвигаемой рычагом. Каждый барабан имеет ножной ленточный тормоз, стопор, ручной кабелеукладчик и трехжильный коллектор, позволяющий снимать электросигналы с трех жил кабеля во время работы лебедки.

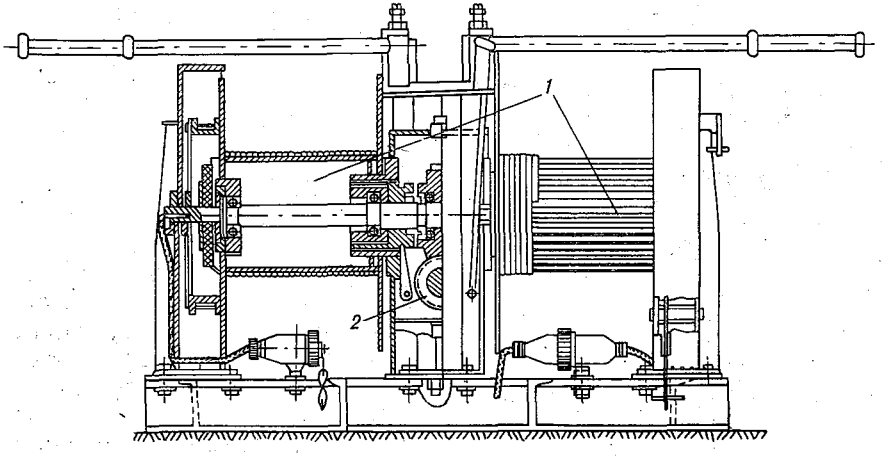


Рис. 14. Двухбарабанная кабельная лебедка.
1 — барабаны; *2* — червячный редуктор.

Для вывода кабеля за борт в комплекте лебедки имеется специальное устройство, состоящее из системы блоков и направляющих цилиндров, монтируемых на штангу.

При опускании погружаемого устройства зонд-батометра используется специальная электрическая лебедка с одножильным кабель-тросом длиной более 2000 м.

Для вывода троса за борт и для крепления блок-счетчиков применяются специальные кран-балки, которые придаются к лебедкам ЛЭРОК и ЛГ-1200 и состоят из изогнутой трубы и подставки, прикрепляемой болтами к палубе судна. Кран-балки можно закреплять под любым углом к диаметральной плоскости судна либо с помощью бесконечного винта и рукоятки с червячной передачей (ЛЭРОК), либо при помощи штыря, вставляемого в отверстия подвижного и неподвижного фланцев (ЛГ-1200). На конце (ноке) кран-балки подвешивается направляющий блок или блок-счетчик.

На небольших судах для опускания малых приборов до глубин 50—100 м применяются ручные лебедки, к которым

относятся лебедки «Марка-IV», выпускаемая ранее лебедка ПИ-26 или ЛМ-046 и унифицированная лебедка ЛГ-1-4.

Лебедка «Марка-IV» представляет собой несколько переоборудованный механический судовой лот Л-1м. Все узлы лота размещены на станине, которая состоит из круглого основания *1* (рис. 15) и корпуса *2*. На одной оси *6* находятся барабан *4*, тормозные диски *12* (левый) и *13* (правый), зубчатое колесо *5* и рукоятки *7* и *8*. В верхней части корпуса крепится стопорный болт *9*, который может перемещаться вправо (входить между зубцами зубчатого колеса и стопорить его) или влево, освобождая при этом зубчатое колесо. Застопоренное зубчатое колесо, находясь на резьбовой части оси, при вращении рукоятки в сторону, обратную сматыванию троса, не имеет возможности вращаться вместе с осью и постепенно передвигается вправо по резьбе вместе с левым тормозным

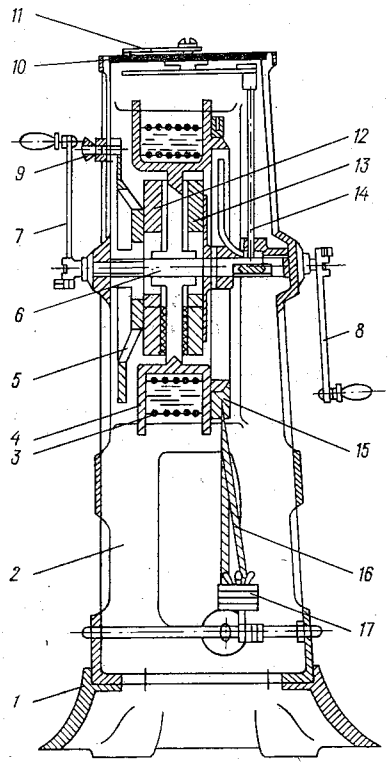


Рис. 15. Механический судовой лот Л-1М.

1 — круглое основание; *2* — корпус; *3* — лотлинь; *4* — барабан; *5* — зубчатое колесо; *6* — ось; *7*, *8* — рукоятка; *9* — стопорный болт; *10* — шкала; *11* — стрелка; *12* — левый диск; *13* — правый диск; *14* — механизм передачи; *15* — блок; *16* — бечева; *17* — грузы.

диском. Правый тормозной диск укреплен на оси наглухо. Поэтому барабан зажимается дисками и останавливается. Пуск барабана осуществляется выдвижением стопорного болта и вращением рукоятки по направлению сматывания троса. При этом зубчатое колесо и левый диск перемещаются по оси влево и дают возможность барабану свободно вращаться на оси.

Барабан с помощью механизма передачи *14* соединен со стрелкой *11* шкалы *10*, расположенной в верхней части лота. К барабану крепится блок *15*, через который перебрасывается бечева *16* автоматического тормоза. К обоим концам бечевы подвешиваются грузы *17*. Под их действием между бечевой и

барабаном возникает сила трения, благодаря которой регулируется частота вращения барабана и достигается плавность его вращения.

При работе с океанографическими приборами автоматический тормоз снимается, на барабан вместо лотлиня наматывается трос диаметром 3—4 мм, который через блок-счетчик на кран-балке выводится за борт. Стрелка *11* при этом снимается.

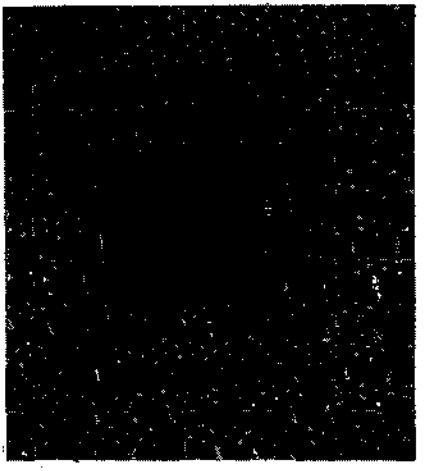


Рис. 16. Морская лебедка ПИ-26.

1 — ленточный тормоз; *2* — ось; *3* — малая шестерня; *4* — ручка; *5* — большая шестерня; *6* — чугунная рама; *7* — барабан.

При работе с приборами необходимо:

1) застопорить зубчатое колесо стопорным болтом;

2) вывести концевой груз на тросе за борт;

3) вращением рукоятки отжать тормозные диски до свободного вращения барабана;

4) осторожно стравливая трос, опустить груз (прибор) до поверхности воды;

5) поставить стрелки блок-счетчика на нули;

6) освободить барабан от тормозных дисков, чтобы груз (прибор) мог свободно опускаться на заданную глубину;

7) зажать барабан тормозными дисками и выдержать прибор на заданной глубине в течение необходимого времени;

8) при подъеме освободить зубчатое колесо от стопорного болта и вращением рукоятки поднять прибор (груз).

Лебедка ПИ-26 (рис. 16) состоит из стального барабана *7*, укрепленного на оси, вращающейся на втулках двух чугунных рам *6*. С одной стороны барабана расположен ленточный тормоз, а с другой — большая шестерня зубчатой передачи *5*. Над барабаном укреплена вторая ось *2*, на которой на передвижной каретке укреплена малая шестерня зубчатой передачи *3*. При подъеме тяжелых приборов каретка передвигается вправо и обе шестерни зубчатых передач входят в сцепление. Съемная ручка *4* в зависимости от массы приборов при подъеме надевается на основную или верхнюю ось. В комплект лебедки входит кран-балка ПИ-52, которая представляет собой металлический стержень или трубу, изогнутую в верхней части, с направляющим трос роликом.

Для крепления кран-балки к палубе судна и разворота ее под необходимым углом служит шаровой подпятник. Крепление кран-балки к борту или ограждению осуществляется с помощью хомута на вертикальной части кран-балки. На изогнутой части кран-балки с помощью хомутов закрепляется блок, механически связанный со счетчиком оборотов.

При подвеске приборов следует застопорить барабан лебедки, опустив собачку на храповое колесо, а рукоятку снять. Для опускания приборов нажимают рукой на ручку ленточного тормоза, откидывают собачку и закрепляют ее штифтом на пружине, а затем слегка отпускают тормоз. При стравливании троса все время притормаживают барабан ленточным тормозом.

При подъеме приборов необходимо следить за равномерным распределением троса на барабане, так как лебедка не имеет тросоукладывающего механизма. Для удержания барабана от проворачивания назад при выбирании троса собачку накидывают на храповое колесо. При подъеме съемная рукоятка надевается на основную ось (при небольшой массе прибора) или на верхнюю ось (при тяжелых приборах).

Установка лебедок на судах производится на свободных от перекрытий открытых палубах вблизи бортов, на возможно большем расстоянии друг от друга, а также от носового и кормового подзоров судна. Положение лебедок на палубе должно отвечать следующим условиям:

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

2) на высокобортных судах рабочие площадки делаются откидными, имеющими леерное ограждение и крепящимися жестко в рабочем положении;

3) тросовый барабан электрических лебедок должен располагаться своей серединой против центра откидной площадки или срединного положения блока на кран-балке;

4) между лебедкой и фальшбортом должен быть проход для наблюдателя (не менее 0,6 м);

5) контроллер должен располагаться таким образом, чтобы наблюдатель имел в поле зрения забортное пространство и блок-счетчик лебедки, подступы к контроллеру и рабочей площадке должны быть свободными и легкодоступными, а палуба быть чистой;

6) стойки с приборами должны располагаться как можно ближе к лебедке;

7) место работы с лебедкой и забортное пространство должны быть хорошо освещены в ночное время.

Для обеспечения исправной работы лебедок необходимо систематически производить смазку направляющих валов тросоукладчика, следить за свободным проворачиванием шкивов

блоков, износом кипов блоков, свободным ходом рукояток, винтов, педалей тормозов. В случае обнаружения каких-либо неисправностей необходимо ставить в известность судового механика, ответственного за работу палубных механизмов. Профилактический ремонт, уход за электрооборудованием и редукторами осуществляется электромеханиками судна.

На время длительной стоянки судна производится консервация лебедок. Их детали промывают и протирают, трущиеся поверхности деталей покрывают слоем технического вазелина или авиационного тавота, а нетрущиеся детали окрашивают свинцовым суриком.

При расконсервации все детали очищают от смазки, промывают и протирают и на сухие их поверхности наносят тонкий слой смазки.

Перед началом работ производится проверка лебедок, которая начинается с внешнего осмотра их механических и электрических узлов. С целью установления прочности лебедок в целом и проверки их отдельных частей в работе производят испытание лебедок под нагрузкой. Эту работу целесообразно выполнять в открытом море, где глубина достаточно велика. После остановки судна подготавливают к работе откидную рабочую площадку (на высокобортных судах), разворачивают кран-балку и продевают ходовой конец троса через блок. Затем прикрепляют скобой концевой груз, по массе превосходящий общую массу рабочей серии приборов. После вывода груза за борт стравливают трос как с помощью тормозов, так и с помощью электродвигателя. Исправное тормозное устройство должно травить трос с грузом плавно, без рывков, а при сильном нажатии на рычаг тормоза стравливание троса должно прекращаться.

Подъем груза производят на различных скоростях. Во время испытания все узлы лебедки должны работать исправно, без каких-либо деформаций и сбоев. Особое внимание уделяется работе тросоукладывающего механизма электрической лебедки.

Испытание лебедки, предназначенной для работы с батитермографом, следует производить на ходу судна, опуская вместо прибора рыбовидный груз массой до 25 кг.

3.2. Блок-счетчики и счетчики

Для измерения длины вытравленного троса применяются блок-счетчики О-17 (рассчитаны для измерения длин троса до 1000 м при нагрузке до 120 кг) и МБС ГМ-60 (рассчитаны для измерения длин троса до 10 000 м при нагрузке до 1000 кг).

Блок-счетчик О-17 (рис. 17) состоит из блока *3* с канавкой для 3—5-миллиметрового троса, вращающегося в шарикоподшипниках между двумя половинками корпуса. Ось блока имеет червячную нарезку и связана с системой зубчатых колес счетчика оборотов *1*. Для удобства закладки троса в канавку блока

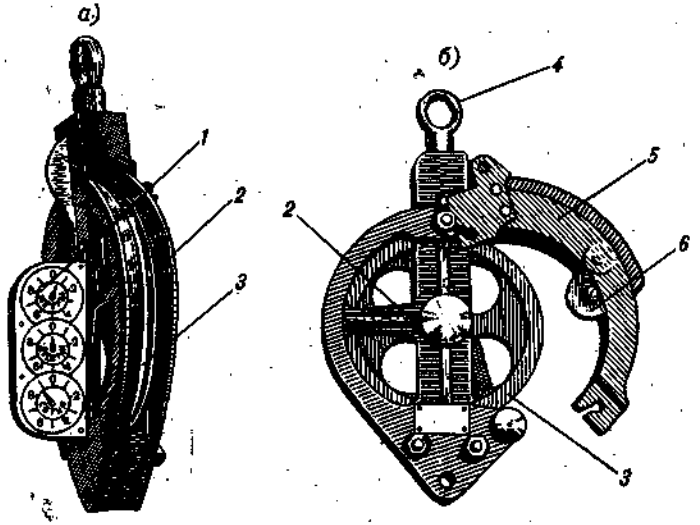


Рис. 17. Блок-счетчик О-17.

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

у одной из щек блок-счетчика имеется откидная дугообразная скоба *5* с вмонтированным в нее прижимным роликом *6*, который при закрытом положении скобы с помощью пружины прижимает трос ко дну канавки и тем самым препятствует его скольжению по канавке блока. Скоба удерживается запорным болтом и болтом с барашком. В верхней части блок-счетчика находится укрепленный на вертлюге рым для подвески блок-счетчика к кран-балке. Благодаря вертлюгу блок-счетчик легко поворачивается в горизонтальной плоскости.

Блок-счетчик МБС состоит из двух скрепленных болтами щек, между которыми в шарикоподшипниках вращается блок, имеющий по окружности канавку для троса диаметром 4—6 мм. Прижимной ролик у этого блок-счетчика отсутствует, так как трос плотно прилегает к канавке под действием большой нагрузки. С осью блока соединен счетчик, укрепленный на одной из щек. Он имеет четыре циферблата для отсчета единиц, десятков, сотен и тысяч метров. Вместо откидной скобы для удоб-

ства закладки троса на блок имеется откидная щеколда на щеке, противоположной щеке со счетчиком. Блок-счетчик МБС предназначен для установки на каретке тросораспределителя электрических лебедок. Для этой цели в корпусе МБС имеется отверстие.

На блок-счетчиках О-17 используются унифицированные счетчики О-17С, которые соединяются с осью блока и имеют три циферблата для отсчета единиц, десятков и сотен метров. Крепление стрелок счетчика основано на трении, что позволяет устанавливать их на любое деление циферблата. Счетчик О-17С состоит из литого корпуса, рамки с системой зубчатых колес, платы с циферблатами и стрелок.

Перед началом работ следует произвести поверку блок-счетчиков, которая состоит из внешнего осмотра, проверки правильности показаний и испытания под нагрузкой. При внешнем осмотре проверяют исправность отдельных частей блок-счетчика: отсутствие трещин и других повреждений, легкость вращения блока в подшипниках, работу дугообразной скобы и прижимного ролика, крепление счетчика оборотов.

Для проверки правильности показаний блок-счетчика через него пропускают промеренный рулеткой трос длиной 100—200 м. Выбрав мертвый ход в счетчике, совмещают начальную марку на тросе с неподвижным указателем и делают отсчет по счетчику. Второй отсчет производят после прохождения конечной марки троса. Наиболее удобно поверку осуществлять, перематывая трос с одной лебедки на другую.

Отношение длины пропущенного через блок-счетчик троса к показаниям счетчика называется поправочным коэффициентом блок-счетчика. Если, например, через блок-счетчик пропущено 100 м троса, а показание счетчика при этом 105 м, то поправочный коэффициент равен 0,95. Для определения истинной длины троса необходимо показания блок-счетчика умножить на его коэффициент. Коэффициент определяют перед каждым рейсом. Если он окажется менее 0,85, производят замену шкивов блок-счетчика.

Испытание блок-счетчика под нагрузкой можно выполнить при поверке лебедок, опуская и поднимая груз массой до 100 кг. При этом блок должен плавно вращаться на своей оси, а стрелки счетчика плавно перемещаться по циферблатам.

Необходимо постоянно следить за тем, чтобы блок-счетчик не заржавел и не покрывался зеленью. После окончания работ его следует хорошо промыть пресной водой и просушить. Смазка производится легкими маслами, не густеющими при низких температурах. При сильных морозах трущиеся части рекомендуется смазывать графитной смазкой. Стекающая с выбираемого троса вода, попадая при низких температурах на

холодный блок-счетчик, мгновенно замерзает. Лед покрывает кип шкива тонким слоем, что приводит к проскальзыванию троса и вызывает большие ошибки в показаниях счетчика. Для устранения обмерзания счетчика его можно согревать горячей пресной водой. Также необходимо своевременно устранять слабину стрелок счетчика на осях и трение стрелок о циферблат.

Ежемесячно производят вскрытие крышки подшипников блока и заменяют смазку. У блок-счетчика О-17 через 4—6 месяцев работы сменяют подшипники, а на блок-счетчиках МБС— через 1—1,5 года.

При переноске блок-счетчик следует брать за рым или щеки, но не за счетчик. Хранят блок-счетчики хорошо промытыми и совершенно сухими в ящиках с отверстиями для вентиляции.

3.3. Тросы для океанографических работ

Для океанографических работ широко применяют металлические тросы, изготовленные из отдельных оцинкованных проволок углеродистой стали сечением от 0,2 до нескольких миллиметров, сплетенных в пряди, которые свиваются вокруг пенькового, хлопчатобумажного или металлического сердечника, придающего тросу эластичность и упругость. Наиболее часто употребляют металлические тросы крестовой свивки, когда проволоки каждой пряди свиваются по винтовой линии, образуя несколько концентрических слоев, а пряди свиваются в противоположном направлении. Прочность и эластичность троса зависят от сечения проволок и их количества в прядях.

Расчет прочности троса проводится по формуле $A \geqslant k \cdot P$, где A — разрывное усилие троса, кг; P — суммарная рабочая нагрузка, кг; k — коэффициент запаса прочности. Обычно коэффициент запаса прочности принимается равным 2—5. Запас прочности обеспечивает долговечность троса, допуская некоторый его износ. По мере увеличения длины вытравленного троса нагрузка возрастает, что вызывает необходимость увеличения сечения троса.

В океанографической практике находят применение ступенчатые тросы, состоящие из нескольких частей различного диаметра. При выборе необходимого диаметра троса необходимо учитывать характер работ, глубину опускания приборов, их конструкцию и массу. Так, для работы с серией батометров и батитермографом применяют трос диаметром от 3,4 до 4,5 мм. Для опускания серии автономных самописцев течений применяют трос диаметром 6—9 мм, а при постановках буйковых станций — трос диаметром 4,8—10 мм. Наибольшее применение

для этих работ находят стальные, мягкие, оцинкованные тросы с органическим сердечником.

Хранят и перевозят металлические тросы намотанными на деревянные барабаны в сухом закрытом помещении. При намотке троса на барабан лебедки необходимо снять консервационную смазку, для чего рекомендуют прогрев барабана с тросом горячей водой или паром. Во время намотки необходимо постоянно следить за натяжением троса, так как появление даже небольшой слабины троса вызывает образование петель (колышек), ослабляющих трос.

Коренной конец троса закрепляют на барабане лебедки, где в одной из щек имеются специальные отверстия и зажимы. Трос должен выходить к блок-счетчику из-под барабана. Намотку троса осуществляют плавными и ровными рядами. При соскакивании с барабана трос может быть легко поврежден, поэтому следует наматывать такое количество троса, при котором от края щек барабана оставалось бы не менее 3 см.

При работе с лебедкой особое внимание обращают на равномерность сбегания троса с барабана, определяемую степенью отрегулирования тормозных устройств и правильностью намотки троса на барабан. При быстром вытравливании трос может легко лопнуть в месте крепления к барабану при резком рывке. Этому также способствует ржавление троса у коренного конца, обусловленное затеканием морской воды при работе. Рекомендуется не стравливать трос до конца, а оставлять на барабане не менее 8—10 витков (шлагов).

При работе на волне появление небольшой слабины троса может привести к его соскакиванию и образованию колышек. Поэтому необходимо регулировать скорость опускания и подъема приборов, наблюдая за поведением судна на подошве и гребне волны. Переключение скоростей контроллером следует производить плавно. Для равномерной укладки троса на барабане необходимо хорошо отрегулировать работу тросоукладывающего механизма. При образовании на тросе колышек приходится вырубать участки троса и сращивать его концы, но это ослабляет трос и затрудняет работу с ним.

При длительных перерывах в работе трос на барабанах лебедок следует смазывать жидким маслом (автол, авиамасло).

Для крепления приборов или концевых грузов (лотов) на ходовом конце троса делают огон, в который для предохранения троса от перетирания и уменьшения его износа может вкладываться небольшой металлический круглый или овальный коуш (рис. 18). Приборы и грузы крепят к огонам посредством различных скоб. Огоны необходимо обновлять не реже раза в месяц, так как в местах постоянного соприкосновения трос быстро изнашивается.

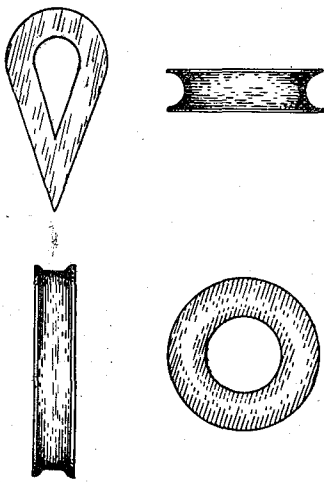


Рис. 18. Коуши.

Широкое применение при океанографических работах находят одножильные и многожильные кабели, которые должны быть хорошо изолированы, герметичны и достаточно прочны для опускания на них приборов. Этим требованиям наиболее соответствуют кабели марок НРШМ, РШМ, КТШ, КСБШ и др.

3.4. Оборудование для постановки буйковых станций

Океанографические наблюдения обычно производятся с судна, находящегося в дрейфе или стоящего на якоре. Однако постановка судна на якорь на больших глубинах занимает значительное время. Кроме этого, стоящее на одном якоре судно совершает непрерывные движения (рыскания), что отрицательно сказывается на качестве наблюдений над течениями. Поэтому во второй половине XX в. широкое применение нашли автономные буйковые станции (АБС), которые имеют значительные преимущества по сравнению с судовыми наблюдениями. Наблюдения с помощью АБС могут производиться в различных условиях погоды; они обходятся намного дешевле, чем при работе с судна; качество наблюдений над течениями с помощью АБС значительно выше из-за меньшей подвижности АБС, чем при работах с судна. Использование АБС дает возможность выполнять наблюдения одновременно в нескольких точках изучаемого района, причем для этой работы достаточно одного судна, которое будет осуществлять постановку и подъем всех АБС.

Выбор типа АБС, ее снаряжения и такелажа определяется глубиной моря и удаленностью от берега, гидрометеорологическими условиями в районе постановки, предполагаемой продолжительностью работ и интенсивностью судоходства.

В СССР уже ряд лет выпускается оборудование для буйковых станций ГМ-46—ГМ-51, различающихся грузоподъемностью поддерживающих буев (от 175 кг у ГМ-46 до 2300 кг у ГМ-51), что позволяет устанавливать приборы на глубинах до 6000 м. Общий конструктивный чертеж первых трех типов АБС (ГМ-46—ГМ-48) представлен на рис. 19.

Каждая АБС состоит из мачты, поддерживающего буя, подвеса, троса, кронштейнов и якорной системы.

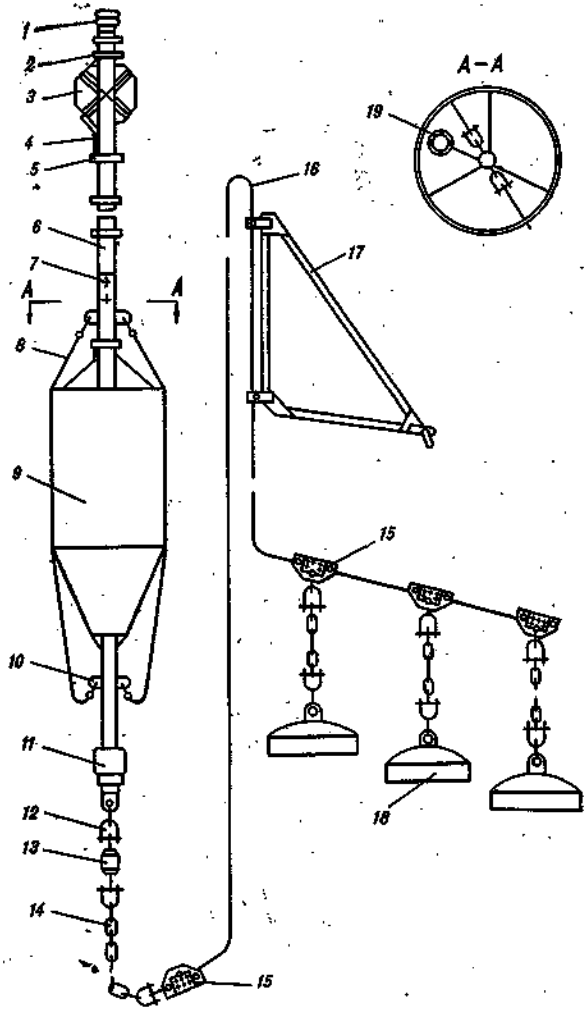


Рис. 19. Автономная буйковая станция.

1 — плафон; *2, 5* — хомут; *3* — отражатель; *4* — трехжильный кабель; *6* — мачта; *7* — отверстия; *8* — стропа; *9* — буй; *10* — рым; *11* — груз; *12* — скоба; *13* — вертлюг; *14* — цепной подвес; *15* — зажим; *16* — трос; *17* — кронштейн; *18* — якорь; *19* — ниша для контейнера питания.

Мачта *6* изготовлена из металлических труб переменного сечения и служит для установки пассивного уголкового отражателя *3*, который позволяет обнаружить АБС с помощью судовых радиолокаторов. На топе (вершине) мачты расположен прозрачный плафон проблескового огня *1*. В нем находится сигнальная лампа и фотосопротивление. Эти электроэлементы соединены трехжильным кабелем *4* с контейнером питания проблескового огня. Кабель укреплен вдоль мачты хомутами *2*, *5*.

Поддерживающий буй *9* имеет цилиндро-коническую форму и собран из кругов пенопласта. Круги надеты на центральную опорную стальную трубу и стянуты между верхней и нижней плитами с помощью шпилек. В верхний конец трубы вставляется мачта и крепится болтами. К приваренным рымам, расположенным в верхней и нижней частях трубы, при помощи скоб крепятся стропы *8*, предназначенные для подъема АБС. Другие концы стропов закрепляются за рым и скобы, находящиеся внизу буя.

В буе имеется ниша *19* для установки контейнера питания проблескового огня, который представляет собой цилиндрический стальной стакан, герметично закрывающийся крышкой на болтах. В стакане находится кассета с батареей сухих элементов и электронное устройство, управляющее работой проблескового огня.

Поверхность буя имеет обтекаемую форму и покрыта защитной морской краской. На надводной части буя нанесены яркие вертикальные белые полосы, опознавательные надписи на русском и английском языках, тип станции, грузоподъемность и ее масса.

В нижней части буя станций ГМ-46 — ГМ-48 крепится дополнительный съемный груз *11*, ниже которого расположен рым. К рыму посредством скоб *12* и вертлюга *13* крепится цепной подвес *14*, соединяющийся посредством зажима *15* с буйрепом (становым тросом) *16*, который имеет диаметр 8—11 мм. Вертлюг препятствует скручиванию троса, а цепной подвес (цепь длиной 5—10 м и диаметром звеньев 12—17 мм) служит для смягчения рывков при волнении.

Для крепления приборов к тросу применяются кронштейны *17*, выполненные в виде треугольника, в двух вершинах которого имеются зажимы, а в третьей — серьга для подвески прибора.

Неподвижность буйковой станции обеспечивается якорной системой, состоящей из трех сегментных якорей *18* массой по 100 кг у станций ГМ-46 — ГМ-48 и по 200 кг у станций ГМ-49 — ГМ-51.

Каждый якорь крепится к тросу с помощью скоб, зажимов и цепных якорных подвесов.

Все узлы и детали АБС должны храниться в сухом помещении и быть надежно защищены от коррозии защитными смазками и краской.

Автономность буйковых станций определяется емкостью источников электропитания проблескового огня и автономностью океанографических приборов.

В комплект оборудования судна для постановки и подъема буйковых станций входят:

1) лебедки (наиболее удобной является траловая лебедка, имеющая два барабана);

2) стрела или кран-балка;

3) ширококипные канифас-блоки (без счетчиков и со счетчиками), через которые будут проходить все соединения такелажа (тросы со скобами и вертлюгами, цепные подвесы и др.).

Канифас-блок применяется для изменения направления троса. Он имеет откидную щеку, что позволяет закладывать трос за шкив средней частью, не пропуская его с конца;

4) приспособления для крепления тросов и работы с ними: роульсы, «утки» и др.

Роульс представляет собой чугунный или деревянный валик на вертикальной оси, а «утка» — металлическую планку с двумя рогами;

5) электрические или ручные вьюшки для хранения запасных тросов.

Вопросы и задания

1. Перечислите основные узлы электрических океанографических лебедок.
2. Перечислите основные узлы океанографической лебедки «Марка-IV».
3. Каков порядок работы с лебедкой «Марка-IV»?
4. Как осуществляется установка лебедок на палубе?
5. Каково назначение и устройство блок-счетчика?
6. Как определяется поправочный коэффициент блок-счетчика?
7. Как производится намотка троса на барабан лебедки?
8. Каково назначение автономных буйковых станций?
9. Какое оборудование входит в комплект буйковой станции?
10. Что входит в комплект оборудования судна для постановки и подъема автономных буйковых станций?

Глава 4
ПРОМЕРНО-ГРУНТОВЫЕ РАБОТЫ

4.1. Приборы для промерно-грунтовых работ

Измерение глубины моря во время океанографических работ необходимо для определения предельно возможной глубины погружения приборов. Обычно на научно-исследовательских судах глубину измеряют с помощью эхолотов, однако с небольших судов глубину еще часто измеряют механическим способом. Промер глубин и отбор проб донных грунтов играют большую роль при гидрографических работах: изучении рельефа морского дна и обследовании его грунтов.

В настоящей главе рассматриваются главным образом механические способы измерения глубин и взятия проб грунта (промерные эхолоты описаны в главе 18).

Для промера глубин до 5—6 м в тихую погоду можно применять наметку — деревянный шест круглого сечения длиной 6—7 м и диаметром 40—60 мм с металлическим башмаком. Шест тщательно выстругивают, шпаклюют и грунтуют, а затем наносят дециметровые деления попеременно белой и черной (или красной) краской. Наметка также может изготовляться из легкого металла или гибкой пластмассы.

Широкое применение для промера глубин от 2 до 20—25 м находит промерный лот ЛПР-48, представляющий собой чугунную отливку массой 4,5 кг в виде усеченного конуса высотой до 335 мм. Верхнее основание отливки сплющено и имеет круглое отверстие для крепления к тросу. На нижнем конце находится углубление, заполняемое животным жиром или техническим вазелином для прилипания частиц грунта.

Лот опускают как на пеньковом тросе длиной до 30 м, так и на стальном оцинкованном тросе (лучше в хлорвиниловой изоляции).

Пеньковый трос (лотлинь) предварительно несколько раз вымачивают и вытягивают под нагрузкой, после чего маркируют кожаными марками и разноцветными флагдухами. Однако растительные лотлини со временем постепенно вытягиваются и нуждаются в систематической проверке маркировки. Значительно удобнее производить измерение глубин, опуская лот с помощью лебедки. При глубинах более 20—25 м необходимо применять лот массой 10—15 кг. Длину вытравленного троса отсчитывают по счетчикам в момент ослабления натяжения троса (момент касания лотом дна).

Для уменьшения отклонения троса от вертикали (в качестве концевых грузов при опускании океанографических приборов с боковыми зажимами) применяют рыбовидные лоты массой 5, 10, 15, 25 и 50 кг. Они имеют вид чугунного тела обтекаемой формы с хвостовым оперением. По вертикальной оси, проходящей через центр тяжести лота, в проушине просверлено специальное отверстие, где устанавливается в свободном положении вертлюг, обеспечивающий свободное вращение лота в горизонтальной плоскости и установку его по течению. При спуске и подъеме рыбовидные лоты создают значительное сопротивление, поэтому нередко их крепят вертикально. При этом вертлюг снимается, а в хвостовом оперении просверливается отверстие для крепления лота с помощью скобы к огону троса.

В практике океанографических работ могут использоваться лоты и грузы другой конструкции, однако все они обычно имеют обтекаемую каплевидную или эллипсоидальную форму.

Основными приборами для сбора проб грунта являются дночерпатели и грунтовые трубки, опускаемые на дно с помощью лебедок.

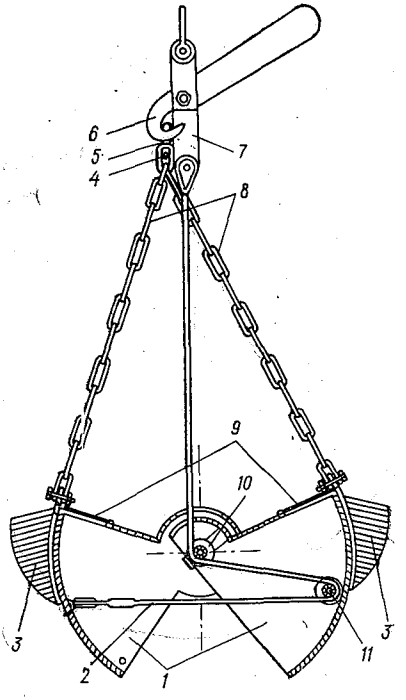


Рис. 20. Дночерпатель ДЧ-0,025.

1 — створки; *2* — трос; *3* — грузы; *4* — соединительное звено; *5* — кольцо; *6* — крюк-сбрасыватель; *7* — обойма; *8* — цепочки; *9* — окна; *10, 11* — ролик.

Для сбора поверхностного слоя грунта применяют дночерпатель ДЧ-0,025 массой 13 кг и площадью захвата 0,025 м^2. Дночерпатель (рис. 20) состоит из двух створок (скребков) *1*, вращающихся на оси и имеющих острые режущие кромки и грузы *3* для врезания в грунт. Створки могут раскрываться на 45°. Для удержания их в раскрытом положении служат цепочки *8*, свободные концы которых при помощи звена *4* соединены с кольцом *5*. Для крепления дночерпателя к тросу служит обойма *7*, имеющая крюк-сбрасыватель *6*, на который перед опусканием надевается кольцо *5*. При этом створки раскрываются и остаются в раскрытом положении. При падении на дно

натяжение цепочек ослабляется, крюк-сбрасыватель поворачивается под действием противовеса, освобождая кольцо с цепочкой.

Закрытие створок происходит следующим образом. К левой створке внутри при помощи ушка прикреплен конец отрезка троса *2*. Его другой конец пропущен через ролик *11* на правой створке. Далее трос идет через ролик *10* на оси шарнирного соединения, после чего выводится вверх через щелевидное отверстие в шарнире и крепится к обойме *7*. При подъеме дночерпателя трос стягивает створки ковша, одновременно происходит захват пробы грунта.

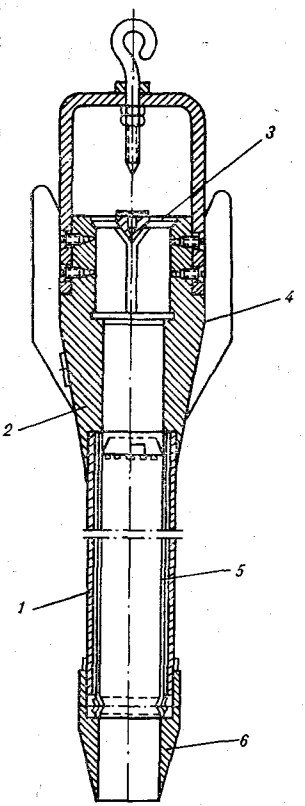


Рис. 21. Грунтовая трубка Т-1.

1 — стальная труба; *2* — груз; *3* — клапан; *4* — стабилизатор; *5* — вкладыш; *6* — наконечник.

В верхней части створок ковша имеются окна *9*, закрытые сетками, для пропуска воды при опускании дночерпателя.

У дночерпателя «Океан-50» (масса 150 кг, площадь захвата 0,25 м^2) грузы помещены на створках ковша, что обеспечивает его большую остойчивость. Окна для прохода воды на створках ковша имеют вид клапанов с принудительным закрыванием их посредством того же троса, которым стягиваются створки ковша и производится подъем дночерпателя. Трос прикреплен к снабженному коромыслом-сбрасывателем подвесу, на длинном плече которого подвешен груз-разведчик. Пока этот груз не достигнет дна, створки дночерпателя остаются открытыми, т. е. дночерпатель не будет закрываться преждевременно, не достигнув дна.

Применяют различные типы грунтовых трубок. Так, для добывания колонок грунта небольшой длины (мягкие грунты) применяют ударные грунтовые трубки, углубляющиеся в грунт при падении на дно. В настоящее время применяют ударные трубки ГОИНа ТГ-1 и ТГ-1,5, а также трубки для взятия проб грунта на ходу судна ПИ-27 (ТНХ-Т и ТНХ-Л).

Трубки ТГ-1 и ТГ-1,5 различаются размерами. Первая служит для взятия колонок грунта до 1 м, вторая — до 1,5 м. Внутри стальной трубы *1* (рис. 21) находится вкладыш *5*, со-

стоящий из двух половинок. Вкладыш удерживается навинчивающимся на нижний конец трубки стальным наконечником *6*, имеющим острую кромку для врезания в грунт. Для лучшего врезания трубки в грунт и придания ей вертикального положения при падении в воде на верхнюю часть трубки навинчивается груз *2* со стабилизатором *4*. В верхней части груза имеется клапан *3*, служащий для автоматического перекрывания верхнего отверстия трубки при ее подъеме. Это предохраняет пробу грунта от выпадения и вымывания. При опускании трубки клапан открывается, и вода свободно проходит через трубку.

Трубки ПИ-27 в зависимости от глубины взятия проб грунта изготавливаются двух типов: тяжелые для глубин свыше 50 м (ПИ-27-I) и легкие для глубин до 50 м (ПИ-27-II). Толстостенная стальная труба имеет стабилизатор. Внутри трубы находится латунный вкладыш, состоящий из двух половинок и удерживающийся наконечником, навинченным на нижний конец трубы. На верхний конец трубы навинчен кран с вращающейся цилиндрической пробкой. Кран открывается при погружении трубки и закрывается при ее подъеме.

Устройство для опускания трубки состоит из укрепленного в центре тяжести трубы хомута, к которому крепится трос с кольцом. Посредством этого кольца трос подвешивается на крюк-сбрасыватель, служащий для перевода трубы из положения спуска в положение подъема. Крюк заключен в обойму, соединенную тросом, перекинутым через ролик, через зажим-фиксатор и амортизационную пружину с крючком пробки крана.

Перед опусканием трубка подвешивается за кольцо. При ударе о грунт трос ослабевает, крюк-сбрасыватель поворачивается под действием противовеса, сбрасывая кольцо. При подъеме трос натягивается, поворачивает пробку крана и закрывает его, после чего зажим-фиксатор упирается в стойку с роликом. Трубка выдергивается из грунта и поднимается на поверхность.

Для добывания колонок грунта большой длины (до 30 м и более) применяют поршневые и гидростатические трубки. Колонки грубозернистых грунтов с ненарушенной структурой берут с помощью вибропоршневых трубок. Их заглубление в грунт происходит в результате направленной вибрации, которую сообщает трубке специальный электрический вибратор.

4.2. Промер глубин в прибрежной зоне

При изучении прибрежных районов моря выполняется комплекс гидрографических работ, в который входит промер глубин для составления батиметрических карт.

Промер выполняют в следующей последовательности:

1) подготовка геодезической основы (определение координат опорных пунктов, разбивка магистрали и др.);

2) организация уровенных наблюдений;

3) измерение глубин с определением их планового положения;

4) обработка материалов и составление карты (плана промера).

В зависимости от условий местности, требуемой точности и подробности промеров применяют следующие методы промеров:

1) промеры с инструментальным определением места точек теодолитами с берега;

2) промеры с засечкой положения промерных точек секстаном с судна;

3) промеры с непосредственной разбивкой точек (промеры со льда, по тросу и т. д.).

Для закрепления промерных профилей (галсов) прокладывают магистральный ход на берегу с закладкой знаков на всех углах и забивают колья для выставления створов во время промера. При необходимости створы на воде могут закрепляться буями или плавучими вехами.

В районах с постепенно понижающимся дном, с параллельными между собой или мало изогнутыми изобатами промерные галсы располагают нормально линии берега и изобатам. Около мысов галсы обычно располагают радиально (веером), а в районах с изрезанной береговой линией — под углом 45°. Чтобы не пропустить возможные подводные гряды, намечают несколько поперечных галсов.

Масштабы промеров выбирают в зависимости от сложности рельефа и от поставленных задач (см. табл. 4).

Одновременно с промерными работами обычно производят отбор образцов грунта. Места отбора проб грунта на профиле намечают с учетом рельефа подводного склона, но не реже чем

Таблица 4

Масштабы планов промера

Ширина зоны промера, м	Масштаб планов промера	Рекомендуемые расстояния, м	
		между галсами	между точками
Менее 100	1 : 500	5—10	3—5
100—300	1 : 1000	10—20	5—10
300—1000	1 : 2000	20—50	10—20
Более 1000	1 : 5000	50—100	20—50

через 1 м увеличения глубины, обычно с одинаковых глубин на всех профилях.

Промер необходимо производить при штиле или слабом волнении, начиная каждый галс с минимально возможной глубины (в зависимости от осадки судна и рельефа дна) в направлении от берега. Наилучшим плавсредством для промера в прибрежной зоне является амфибия (плавающий автомобиль), которая позволяет вплотную подойти к берегу при волнении до 2—3 баллов (высота волн 0,5—1 м). Выполняющее промер судно должно следовать между промерными точками с постоянной скоростью и прямолинейно. Кроме определений мест промерных точек, необходимо определять место судна в начальной и конечной точках каждого галса, при внезапном изменении глубины, при изменении скорости хода и курса более чем на 5°.

Измеренные глубины отсчитывают и записывают в рабочие журналы со следующей точностью:

от 0 до 20 м — 0,2 м,
от 20 до 50 м — 0,5 м,
от 50 до 100 м — 1 м,
от 100 до 250 м — 2 м.

При измерении глубин трос под влиянием дрейфа судна или течения обычно отклоняется от отвесного положения, поэтому получаемые отсчеты длины троса по счетчику необходимо исправлять поправкой на его наклон. Углы наклона троса измеряются непосредственно с палубы судна угломером, изображенным на рис. 22. Он представляет собой 90-градусный сектор металлического круга с ручкой. В центре круга вращается на оси стрелка-указатель с отвесом, а на его обратной стороне имеется пара штифтов, которые расположены на линии, параллельной нулевому радиусу круга.

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

Широко применяют для определения угла наклона надводной части троса угломер, изображенный на рис. 22, представляющий собой металлический или деревянный круг с ручкой, одна из полуокружностей которого разбита на градусы. В центре имеется стрелка-указатель с утяжеленным концом-противовесом. При измерении угла наклона троса этот угломер также прикладывается к тросу штифтами, расположенными на противоположной стороне круга.

Определение места судна в моменты измерения глубины производится обычно с помощью секстанов или теодолитов. При использовании секстанов на берегу в районе промера должны быть выбраны три приметных опорных пункта (*A*, *B*, *C*),

нанесенных на рабочий планшет. Для наблюдений применяют два секстана, с помощью которых в момент измерения глубины находящиеся на судне наблюдатели одновременно измеряют горизонтальные углы между пунктами *A* и *B*, *B* и *C*. Результаты измерений записывают в журнал.

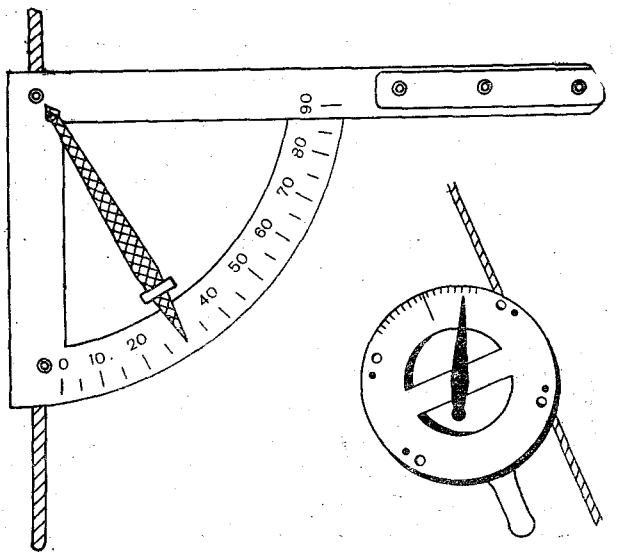


Рис. 22. Угломеры.

Наиболее точным является определение места судна по засечкам с берега двумя теодолитами. В этом случае на берегу заранее выбирают пункты для установки теодолитов. При наводке труб теодолитов друг на друга их горизонтальные круги ставят на 0°. Для обеспечения синхронности наблюдений наведение теодолитов производят по визуальному сигналу (поднятый флажок) или по команде, подаваемой по радиотелефону с судна. Засечки места судна по горизонтальным кругам теодолитов (по обоим верньерам) и время наблюдений записывают в журнал. Часы наблюдателей на берегу заранее согласуют с судовыми часами.

Для обеспечения сравнимости результатов пробы грунта при плавно понижающемся дне лучше брать на каждом галсе на одних и тех же глубинах (например, с 2, 4, 6, 8, 10, 12, 15 и 20 м). При наличии подводных валов пробы грунта следует отбирать на их вершинах и между ними.

Образцы грунтов, собранные различными приборами и поднятые на палубу, немедленно извлекают из приборов. При этом

должна обеспечиваться сохранность последовательности слоев.

Из дночерпателя пробу берут четырехугольной металлической вырезкой и переносят в фанерный ящичек размером 10×10×10 см, в который вкладывают этикетку из пергаментной бумаги, а сверху проставляют химическим карандашом номера галса и точки.

Из ударных трубок пробы извлекают с помощью латунных вкладышей, легко вынимаемых специальной вилкой (после отвинчивания наконечника), и раскрывают вдоль на две части. Колонки грунта обычно размещают на листах фанеры, покрытых пергаментной бумагой. Затем их разрезают на части длиной 50—60 см и размещают в фанерных ящичках. На каждой части колонки знаком плюс (+) обозначают верх, знаком минус (—)— низ. Все части нумеруют и снабжают этикетками, на которых указывают следующие сведения: наименование экспедиции, моря, судна, номер точки, глубину и характер грунта.

Образцы грунтов сразу же после их отбора описывают, так как ряд свойств грунта может на воздухе измениться.

Цвет грунта определяют путем сравнения его со шкалой М. В. Кленовой (табл. 5), которая имеет девять градаций и

Таблица 5

Цвет морских грунтов

Номер шкалы	Цвет грунта	Характер среды залегания
1	Черный	Резко восстановительная
2	Серый	Восстановительная
3	Голубовато-серый	
4	Розовато-серый	
5	Зеленый	Слабо окислительная
6	Зеленовато-серый	
7	Желтовато-серый	Окислительная
8	Коричневый	
9	Темно-коричневый	

позволяет определять не только цвет, но и характер залегания грунта. Цвета шкалы нанесены на белую дощечку масляной краской, составленной по специальному рецепту.

Одновременно с цветом определяют консистенцию грунта, под которой понимают степень его густоты. Консистенция зависит от механического состава, возраста грунта и условий его залегания. Чем мельче частицы, тем больше в грунте воды и тем менее плотна его консистенция. Для оценки консистенции пользуются специальной шкалой (табл. 6).

Таблица 6

Консистенция морских грунтов

Консистенция грунта	Характерные признаки грунта
Жидкая	Свободно растекается, легко переливается из сосуда в сосуд, принимая его форму
Полужидкая	Слегка расплывается, кашеобразен, не способен сохранять свою форму
Мягкая	Не расплывается, способен сохранять свою форму, которая легко изменяется
Плотная	Форму грунта изменить трудно
Очень плотная	С трудом разрезается ножом, палец не вдавливается в пробу

Кроме цвета и консистенции, определяют характер грунта по крупности слагающих его частиц или по механическому составу (галька, гравий, песок и т. п.).

Также необходимо обращать внимание и на микрослоистость образцов грунта, которая может измениться на воздухе.

Описание грунта производят в журнале по слоям, выделяющимся по цвету и механическому составу. При этом измеряют мощность каждого слоя в сантиметрах и отмечают включения (камни, ракушка и др.).

После описания пробы грунта высушивают, заворачивают с этикетками в оберточную бумагу, надписывают и упаковывают. Песчаные грунты помещают в геологические мешочки, а илистые хранят в стеклянных банках, которые заливают менделеевской замазкой или парафином. При специальных исследованиях производят отбор и сохранение влажных образцов грунта.

4.3. Обработка результатов промерно-грунтовых работ

Обработку результатов промера начинают с введения поправок на наклон троса и приведения к нулю глубин. Поправка на наклон троса состоит из поправки на наклон надводной части и поправки на наклон подводной части троса. Обе поправки приводятся в специальных таблицах (например, в табл. 71 «Океанологических таблиц», изд. 1957 г.). При длине вытравленного троса более 200 м, угле наклона менее 25° и высоте счетчика над поверхностью моря не более 4—6 м поправкой на наклон надводной части троса пренебрегают. Для определения глубины необходимо от длины вытравленного троса (отсчет по счетчику) отнять суммарную поправку на его наклон.

В связи с тем, что глубину при промере всегда измеряют от поверхности моря, положение которой в каждый данный момент времени может отличаться от нулевого (соответствующего отсчету нуля глубин по водомерной рейке ближайшего уровенного поста), возникает необходимость в поправке на приведение к нулю глубин, главным образом при промере на небольших глубинах. Поправка на приведение к нулю глубин представляет собой разность между отсчетом по водомерной рейке, соответствующим выбранному нулю глубин (средний многолетний уровень на морях без приливов и наинизший теоретический уровень на морях с приливами — наиболее низкий уровень, возможный по астрономическим причинам), и отсчетом по той же рейке в момент измерения глубины.

В районах, где величина прилива не превышает 50 см, на каждый день промера выводят единое среднее значение поправки на приведение к нулю глубин.

Основная цель обработки результатов промера — составление планшетов (батиметрических карт), на которых глубины обозначены цифрами и проведенными между ними изобатами. В некоторых случаях результаты промера представляют в виде изобат с отмывкой площадей различными красками, оттенками одного цвета или штриховкой.

Сначала на планшет наносят береговую черту, опорные пункты, необходимые навигационные знаки и объекты. Если местоположение точек определялось с помощью секстанов, то для их нанесения на планшет используют протрактор, крайние линейки которого устанавливают под измеренными углами. Наложив протрактор на планшет и удерживая скошенный срез средней линейки точно на среднем пункте, двигают протрактор так, чтобы срезы крайних линеек оказались на крайних опорных пунктах. Добившись точного нахождения всех трех пунктов на срезах линеек, в центре протрактора отмечают искомое место.

Если место судна при промере определялось засечками с берега с помощью двух теодолитов, то промерные точки на планшете определяют путем отложения измеренных горизонтальных углов от нанесенной на планшет базы. Для облегчения обработки можно из концов базы провести произвольным радиусом дуги, охватывающие видимую часть горизонта в сторону моря, а затем разделить их на градусы, благодаря чему отпадает потребность в транспортире и ускоряется процесс наноски местоположения промерных точек на планшет.

После нанесения глубин у соответствующих промерных точек проводят изобаты, учитывая геоморфологические особенности района. Так, при пологом дне допускается проведение дополнительных изобат, а при больших уклонах дна производится их

разрядка. Обычно изобаты рекомендуется проводить при глубинах от 0 до 20 м через 2—5 м, от 20 до 50 м — через 5—10 м и т. д.

На планшет также наносят обозначения добытых при промере проб грунта. Их названия обозначают принятыми сокращениями (например, гравий — Гр, крупный песок — кр П, ракушка — Р и т. д.).

4.4. Определение глубин аэрометодами

В последние десятилетия для изучения земной поверхности все более широко применяются аэровизуальные наблюдения и аэрофотосъемка. Развитие аэрофотографической техники позволило применить аэрометоды и для изучения мелководных участков морского дна.

Фотографирование дна с самолета происходит через две среды: воздушную и водную, что существенно отличает технику аэрофотосъемки морского дна от техники наземной съемки. Дно представляет собой весьма малоконтрастный объект для съемки. Вода даже при слабом волнении становится мутной, а поверхность моря покрывается солнечными бликами.

Аэрофотосъемку дна ведут на ортохроматической пленке, обладающей повышенной чувствительностью к желто-зеленым лучам, менее других рассеивающимся в воде, и повышенной контрастностью. Для снятия воздушной дымки применяют специальные светофильтры.

При штиле съемку производят во время наиболее высокого положения солнца, когда дно освещено сильнее. При слабом волнении солнечные лучи, отражаясь от склонов волн, образуют блики, вызывающие почернение пленки. Сквозь блики дно не просматривается. Чем выше солнце, тем бóльшая часть кадра будет занята бликами. Поэтому при волнении съемку ведут при боковом освещении при высоте солнца не менее 15°, когда дно еще достаточно освещено. Обычно при наличии бликов съемку производят с перекрытием кадров не менее 70—80 %.

В штиль достигается удовлетворительное изображение дна до глубин 20—22 м, т. е. аэрофотосъемкой можно охватить весь подводный береговой склон в один или несколько залетов (в зависимости от уклона дна, масштаба съемки и угла зрения объектива). Во время съемки самолет следует вдоль берега на таком расстоянии, чтобы в кадр попадала неширокая полоса суши.

Темное дно и ярко освещенный пляж представляют собой резкий фотографический контраст. Экспозицию устанавливают в расчете на съемку дна, поэтому суша на негативах получается

сильно передержанной. После проявления в специальном контрастном проявителе и монтажа аэрофотоплана производят его дешифрирование, при котором отыскивают по плану те или иные формы рельефа, пятна морских отложений, отличающиеся по тону от окружающего их пространства. Затем производят непосредственное обследование дна — промер.

Лабораторией аэрометодов АН СССР разработана методика изучения основных характеристик прибрежной полосы моря с помощью аэрометодов, в том числе определение глубин и изучение распределения морских отложений. Так, например, при штиле, когда на отпечатках отчетливо видно дно, глубины определяют с помощью специально изготовленного мягкого оптического клина с миллиметровыми делениями. При этом на снимке должны быть опорные точки с известными глубинами. Сопоставляя тон снимка в точке, где необходимо определить глубину, с тоном в опорной точке и производя соответствующую интерполяцию, можно приближенно определить глубину в любой точке. По снимкам при волнении глубины определяют косвенным методом по изменениям скорости волн при прохождении их над исследуемым участком дна. Для решения этой задачи можно применять специальные номограммы, в которые входят со значением скорости волн в данной точке, определенной по пути, пройденном волной, за время между двумя снимками. В свою очередь для определения пути волны на снимках должны быть неподвижные ориентиры. С двух соседних снимков снимают на кальку гребни одной и той же волны и эти ориентиры, затем кальки совмещают между собой и расстояние между гребнями умножают на знаменатель численного масштаба снимка.

Распределение грунтов на дне изучается по различиям тоновой окраски на черно-белых отпечатках, для чего производят полевое дешифрирование эталонных участков дна, т. е. получение фотометрических признаков грунтов в данном районе. При этом учитывается, что одни и те же грунты на различных глубинах будут представлены пятнами различного тона. На отпечатках непосредственно просматриваются выходы коренных пород, гряды глыб и валунов. Демаскирующим признаком является также приуроченность определенных грунтов к определенным формам рельефа.

Вопросы и задания

1. Что представляет собой наметка, промерный лот?
2. Каково устройство и принцип действия дночерпателя ДЧ-0,025?
3. Каково устройство ударных грунтовых трубок?
4. Назовите основные методы промеров глубин в прибрежной зоне.
5. Что представляет собой устройство для измерения угла наклона троса?
6. Как определяется место судна при промере?

7. Как осуществляется взятие образцов грунта и определение его цвета и консистенции?
8. В чем заключается обработка результатов промера?
9. Каковы особенности применения аэрометодов для определения глубин?

Глава 5
ОТБОР ПРОБ МОРСКОЙ ВОДЫ

5.1. Приспособления и приборы для отбора проб воды

Пробы воды берут, как правило, на всех океанографических станциях с поверхности и различных горизонтов для определения физических и химических свойств воды, а также загрязняющих воду веществ.

Основными условиями при этом является получение пробы точно с заданного горизонта и предохранение ее от перемешивания с водой других слоев, от испарения, от химического воздействия прибора, которым набирают пробу, и посуды, в которой проба будет храниться.

Для определения химического загрязнения поверхности моря пробы берут в носовой части судна, где поверхность моря не загрязняется нефтепродуктами и другими отходами с судна. Пробы воды могут браться специальной аппаратурой с самой поверхности моря (пленочные пробы), а также зачерпываться чистым эмалированным, полиэтиленовым или оцинкованным ведром.

С различных горизонтов пробы берут батометрами, представляющими собой цилиндрические сосуды с закрывающимися под водой клапанами или крышками. Батометры опускают с борта судна на тросе при помощи лебедок. Они подразделяются на неопрокидывающиеся и опрокидывающиеся и различаются по объему. Неопрокидывающиеся батометры служат только для получения проб воды, а опрокидывающиеся позволяют измерить температуру воды при помощи глубоководных термометров, устанавливаемых в специальные оправы на батометрах. Имеются также неопрокидывающиеся батометры с опрокидывающимися оправами для термометров.

Если в пробе определяют только общее содержание солей (соленость) и содержание растворенного кислорода, то ее объем должен быть не менее 300 $см^3$. При определении стандартного комплекса гидрохимических элементов (соленость, кислород, фосфор, кремний, азот, щелочность, водородный показатель) объем пробы должен быть не менее 1000 $см^3$, при определении

химических загрязнителей — 7—10 л, а при определении радиоактивности — до 50—200 л.

Батометры опускают на заданные горизонты открытыми, в результате чего вода верхних слоев в них не задерживается. На заданных горизонтах клапаны (краны) батометров закрывают с помощью посыльных грузов, что изолирует пробу воды от окружающей среды. Ко всем батометрам предъявляют следующие требования:

1) вода верхних слоев не должна задерживаться внутри батометра;

2) крышки (клапаны) батометра должны закрываться герметично;

3) стенки внутри резервуара батометра не должны окисляться.

5.2. Батометры

Наибольшее распространение в СССР получили батометры БМ-48, которые представляют собой окрашенные в белый цвет латунные цилиндры *4* (рис. 23) длиной 650 мм и емкостью 1000 см^3, на обоих концах которых имеются крановые затворы *2* со щелевидными отверстиями (600×120 мм). Трение кранов регулируется специальными бронзовыми пружинами, прижимающимися к кранам гайками. К расширенным концам обоих кранов прикреплены два соединенных со штоком *12* параллельных рычага *8*, посредством которых краны закрываются и открываются. Конусный выступ на штоке, заскакивающий за пластину *11*, служит для предохранения от самопроизвольного открывания кранов.

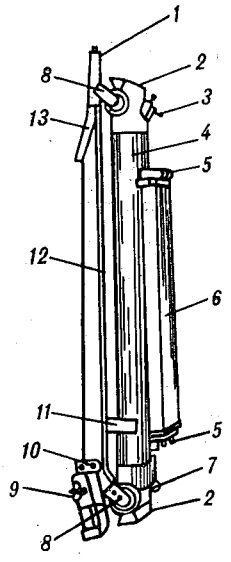


Рис. 23. Батометр морской БМ-48.

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 пластинка.

В верхней части цилиндра имеется сливной кран *3*, а в нижней — воздушный клапан *7*, который при выливании воды приоткрывается для доступа воздуха в цилиндр. К цилиндру прикреплены два угольника *5*, несущие оправу *6* для глубоководных термометров и термоглубомеров.

К тросу батометр прикрепляют с помощью зажимного устройства *9* и спускового устройства *1*. Для подвешивания и сбрасывания посыльного груза на расположенный ниже батометр на зажиме находится сбрасывающее устройство *10*. Зажимное устройство (рис. 24) состоит из основания зажима *1*

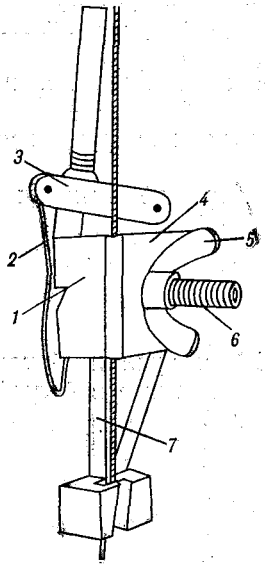


Рис. 24. Зажимное устройство морского батометра.

1 — основание зажима; *2* — крючок; *3* — рычаг; *4* — прижимная планка; *5* — барашек; *6* — болт; *7* — кронштейн.

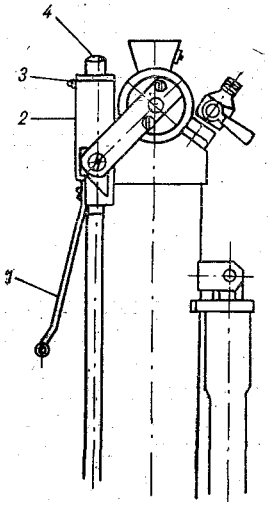


Рис. 25. Спусковой механизм морского батометра.

1 — направляющая пластина; *2* — цилиндр; *3* — стержень; *4* — штифт.

с укрепленным в его перпендикулярной плоскости болтом *6*, на который навинчен барашек *5*, прижимной планки *4* с отверстием для болта, кронштейна *7*, служащего для придания большей жесткости вертикальному положению зажима, вокруг которого при опрокидывании батометра вращается весь прибор.

К зажиму прикреплено сбрасывающее устройство, имеющее рычаг *3* с плоской пружиной и крючок *2* для подвески груза.

Спусковой механизм состоит из имеющего продольный паз цилиндра *2* (рис. 25), в верхней части которого находится косая прорезь. По этой прорези перемещается изогнутый стержень *3*, связанный со штифтом *4*, выдвигающимся вверх при помощи спиральной пружины. К нижней части цилиндра *2* прикреплена направляющая пластинка *1*.

При опускании батометра трос проходит по продольному пазу цилиндра *2*, а находящийся в верхнем положении стержень *3* закрывает паз, удерживая верхнюю часть батометра у троса. Под действием посыльного груза штифт *4* оседает и увлекает за собой изогнутый стержень, который, двигаясь по косой прорези, отходит от паза и освобождает трос. Это и приводит к переворачиванию батометра. В первую половину поворота батометр вращается вокруг оси зажима, а во вторую — вокруг пробки нижнего крана.

Освободив верхний конец батометра от соединения с тросом, посыльный груз перемещается по тросу и ударяет по рычагу *3* (рис. 24) сбрасывающего устройства. Конец рычага опускается и выдвигает крючок *2* из запила основания *1* зажима. При этом происходит соскакивание с крючка тросика второго посыльного груза, который движется вниз по тросу до встречи со следующим батометром. Первый же посыльный

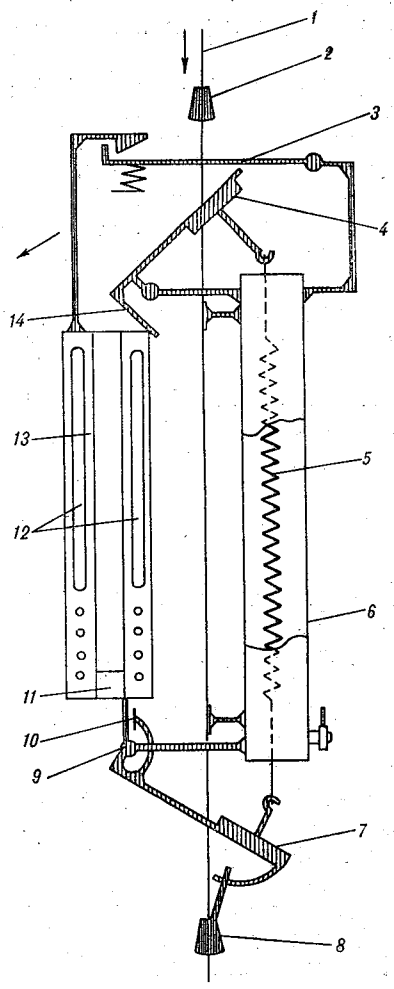


Рис. 26. Схема морского батометра ААНИИ.

1 — трос; *2* — посыльный грузик; *3* — защелка; *4*, *7* — крышка; *5* — пружина; *6* — латунный корпус; *8* — посыльный грузик; *9* — горизонтальная ось; *10* — рычаг; *11* — грузик-боек; *12* — глубоководные термометры; *13* — оправа; *14* — рычаг.

груз остается на рычаге сбрасывающего устройства верхнего батометра.

Для отбора проб воды объемом около 220 см^3 применяют батометр ААНИИ, состоящий из латунного цилиндра *6* (рис. 26) длиной 380 мм, на концах которого укреплены вращающиеся на шарнирах крышки *4* и *7* с резиновыми уплотнительными

прокладками. Для закрывания крышек служит проходящая внутри цилиндра пружина *5*.

Батометр снабжен оправой *13* для двух глубоководных термометров *12*. Оправа поворачивается вокруг горизонтальной оси *9*, совмещенной с осью вращения шарнира нижней крышки батометра.

При опускании батометра крышки удерживаются в открытом положении за счет упора их в оправу, которая удерживается пружинной защелкой *3*. Перемещающийся по тросу посыльный груз *2* ударяет в эту защелку и освобождает оправу *13*, которая поворачивается под действием рычагов *10* и *14* и пружины *5*, а затем и своей массы. При этом крышки батометра захлопываются, а оправа свободно повисает на оси *9* в перевернутом положении.

Для обеспечения надежного отрыва столбиков ртути в термометрах служит вложенный между ними в оправу подвижный груз-боек *11*. При перевертывании оправы он скользит под действием своей массы вдоль оправы и, ударяя о ее верхнюю планку, усиливает необходимое для отрыва ртути встряхивание.

Батометр ААНИИ закрепляют на тросе с помощью винтового зажима, находящегося в верхней части цилиндра на кронштейне. Трос предварительно продевают в направляющий вилкообразный вырез в нижней части батометра. При работе серией батометров на крючки нижней крышки каждого батометра непосредственно перед закреплением батометра на тросе подвешивают посыльные грузы *8*.

Для отбора проб воды до 54 л применяют батометры из нержавеющей стали, представляющие собой полый цилиндр *9* (рис. 27) длиной 1100 мм и массой 25 кг. На обоих концах цилиндра расположены откидные крышки *10*. Водонепроницаемость обеспечивается закрепленными на крышках резиновыми прокладками в виде дисков. По бокам крышек болтами прикрепляются пропущенные через скобки *11* тросы *4*. В тросы вплетены коуши, которыми они через общее кольцо подсоединяются к крюку размыкающего устройства *7*.

Концы троса *3*, захлопывающего крышки и поддерживающего их в закрытом положении, пропускают через ролики *1* и болтами крепят к крышкам сверху. Вплетенный в трос *6* коуш через такелажную скобу неразъемно подсоединяют к размыкающему устройству — планктонному вертлюжному размыкателю ПВР-60.

Батометр опускают с открытыми крышками, которые тросами *4* прижимаются к ножкам, приваренным снизу к корпусу прибора. Трос *3* находится в свободном состоянии. После достижения заданного горизонта по тросу *6* опускают массивный посыльный груз *5* (масса 800 г), который ударяет по штоку раз-

мыкающего устройства, освобождая систему тросов *4*. Под действием своей массы батометр опускается вниз и натягивает трос *3*, в результате чего крышки батометра закрываются. Слив воды

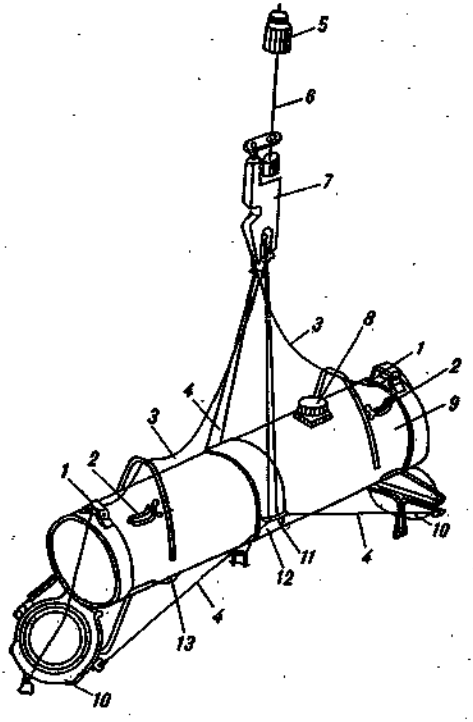


Рис. 27. Батометр из нержавеющей стали ГМ-42.

1 — ролики; *2* — накидные болты; *3* — тросы; *4* — концы тросов; *5* — посыльный груз; *6* — трос подвески; *7* — размыкатель; *8* — крышка воздушного отверстия; *9* — цилиндр; *10* — откидные крышки; *11* — скобки; *12* — хомут; *13* — клапан слива воды.

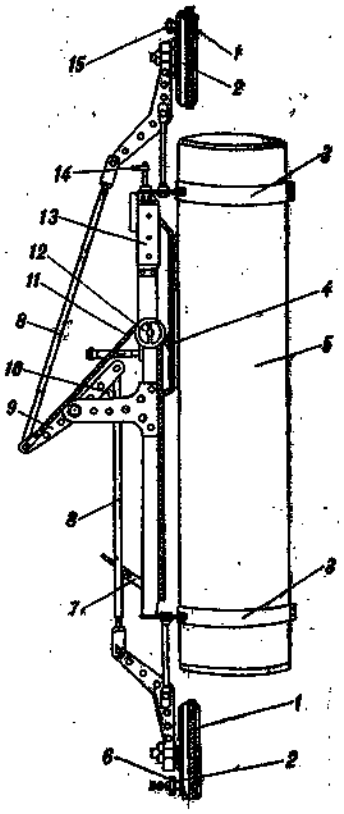


Рис. 28. Батометр с пластмассовым цилиндром.

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.

производится через клапан *13* при помощи специального сливного устройства, а воздух внутрь батометра проникает через воздушное отверстие, возникающее при вращении крышки *8*. Пробу сливают в винипластовый бак с коническим дном, который закрывают крышкой с ручками.

Для отбора проб воды на загрязнение служит батометр с пластмассовым цилиндром *5* (рис. 28) и системой закрытия, крепящейся к корпусу хомутами *3*. Емкость цилиндра 7 л. В систему закрытия входят крышки *2* с резиновыми прокладками *1* и штуцеры *15* (для впуска воздуха в батометр) и *6* (для слива воды). Крышки батометра приводятся в действие тягами *8* с помощью резиновых тяжей *11*. Рабочее положение батометра (с открытыми крышками и натянутыми на ролики *12* резиновыми тяжами) фиксируется зацеплением зуба *10* с пазом на кулисе *9*. Ручка *13* служит для поддержки батометра при креплении его к тросу посредством зажимного устройства (как у батометра БМ-48).

Посыльный груз, ударяя по штоку *14*, приводит к выводу из зацепления зуба *10*, в результате чего тяги *8* под действием резиновых тяжей *11* закрывают батометр крышками. Шток *14* возвращается в исходное положение с помощью упругой резиновой пружины *4*. Для срабатывания нижнего батометра предусмотрено подвешивание посыльного груза на специальное приспособление *7*.

5.3. Автоматический батометр

Для отбора проб морской воды одновременно на нескольких горизонтах применяют автоматические батометры. Так, напри-

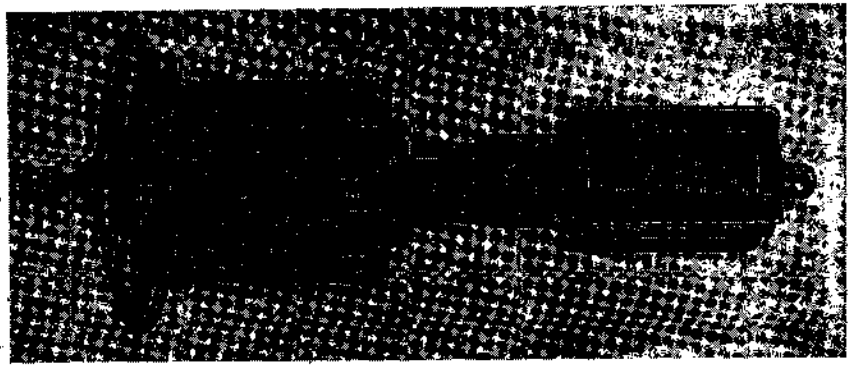


Рис. 29. Автоматический батометр-батитермограф ГМ-7-III.

мер, батометр-батитермограф ГМ-7-III предназначен для отбора проб на горизонтах 10, 15, 25, 50, 75, 100, 150, 200 м и для одновременной записи температуры воды в слое от поверхности до

200 м (рис. 29). Прибор состоит из термоблока, батиблока, корпуса с восемью подпружиненными штоками и восьми сосудов. Устройство термоблока и батиблока описывается в следующей главе (глава 6).

На корпусе автоматического батометра (рис. 30), соединяющем батиблок с термоблоком, укреплены два фасонных кольца, на которых устанавливаются сосуды и подпружиненные штоки различной длины, несущие втулки с зубьями.

Каждый сосуд представляет собой цилиндр емкостью 100 см^3, на концах которого имеются краны с коническими пробками,

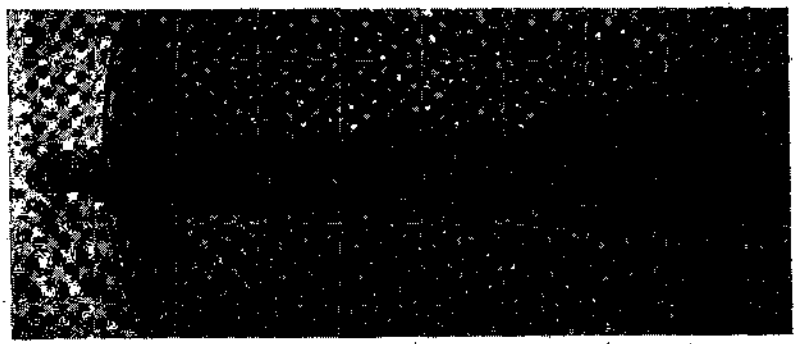


Рис. 30. Корпус автоматического батометра-батитермографа.

соединенными между собой тягой, приводимой в движение цилиндрической пружиной. Один конец пружины прикреплен к тяге, а другой к сосуду. Ее свободное положение соответствует крайнему переднему положению тяги и перекрытому состоянию кранов. Кольца служат также подшипниками для штоков. Для предотвращения поворота штоков на корпусе имеется восемь направляющих, по которым перемещаются зубья штоков.

При погружении прибора свободный конец батиблока под действием давления воды перемещается и закрепленное на нем упорное кольцо подходит поочередно к каждому из штоков и перемещает его в том же направлении. При этом зуб скользит вдоль находящегося на тяге сосуда фиксатора. В определенный момент зуб сходит с фиксатора, освобождая тягу, которая под действием пружины перемещается вперед, закрывая (поворачивая) пробки кранов сосуда.

Для сливания проб воды служит пробка с отверстием, в которое вставлена изогнутая металлическая трубка. При сливании пробка вставляется в отверстие сосуда, после чего открываются его краны.

5.4. Подготовка батометров к работе и методы отбора проб

Наибольшее применение в практике океанографических работ находят батометры БМ-48, которые обычно опускают сериями. Поэтому в настоящем параграфе в основном рассматриваются методы работы с этими приборами.

Перед началом океанографических работ производят подготовку батометров. К ним предъявляют следующие требования:

1) все детали батометров не должны иметь повреждений;

2) запорные краны должны открываться и закрываться без затруднений;

3) штифт спускового устройства при нажатии на него должен весь уходить в цилиндр, а при освобождении — возвращаться в крайнее верхнее положение. Изогнутый стержень при нажатии на штифт должен полностью открывать всю прорезь;

4) зажимное и сбрасывающее устройства должны работать исправно;

5) сливной кран не должен самопроизвольно открываться.

После осмотра батометров производят проверку правильности их работы. Для этого закрепленный на тросе батометр опускают на небольшую глубину в воду, после чего сильно раскачивают трос. При исправном состоянии батометра не должно происходить его опрокидывания без посыльного груза. Затем опускают в воду серию из нескольких батометров и пускают посыльный груз. При исправном спусковом механизме должны быть заметны удары груза: первый о спусковое устройство и второй о сбрасывающее устройство. После второго удара ощущается рывок троса вследствие опрокидывания батометра. Удары и рывок ощущаются при взятии рукой за трос (при этом батометры должны находиться на небольшой глубине).

Для проверки герметичности батометр опускают в воду и после опрокидывания поднимают и насухо обтирают. Если батометр герметичен, то вода не будет вытекать из него как при закрытых сливном и воздушном кранах, так и в тех случаях, когда один из этих кранов закрыт, а другой открыт. Для обеспечения герметичности рекомендуется разобрать батометр и произвести притирку крановых затворов с помощью специальной пасты. В процессе эксплуатации батометра необходимо следить за состоянием пружины сливного крана и прокладки воздушного крана.

После всесторонней проверки батометры нумеруют яркой эмалевой или масляной краской крупными цифрами, так как имеющиеся на них заводские номера выбиты очень мелкими цифрами. Номера наносят на батометры и на прикрепленные к ним гильзы (оправы) для глубоководных термометров.

С целью предохранения батометров от перемещения по тросу в зажимные устройства рекомендуется дополнительно вставлять прямоугольные свинцовые прокладки.

Для работы с батометрами необходимы посыльные грузы. Посыльный груз ПР-28 представляет собой металлический цилиндр с продольной прорезью и устройством для запирания троса в прорези. Устройство состоит из расположенной сбоку цилиндра запирающей кнопки, имеющей отверстие 5—6 мм и продольную прорезь, витой пружины и ограничивающего винта. В свободном состоянии пружина нажимает на кнопку и закрепляет груз на тросе. При нажатии на кнопку ее прорезь совпадает с прорезью цилиндра и трос освобождается.

Перед началом работ все посыльные грузы проверяются. Нужно помнить, что при больших углах наклона троса приходится применять специально изготовленные более тяжелые грузы (масса обычных грузов 350 г) или надевают на каждый батометр по два груза. Каждый посыльный груз прочищают и смазывают жидким маслом (автолом). К ушку груза прикрепляют тросик из проволоки длиной 25—30 см и небольшой петлей на конце. При диаметре троса 5 мм рекомендуется произвести рассверливание посыльных грузов.

Во время работ грузы хранятся в небольшом деревянном ящике, укрепленном у рабочего борта (рядом с местом навески батометров на трос).

Для удобства при надевании и снимании батометров к планширу прикрепляют специальный крюк, за который заводят трос. Крюк также предохраняет спущенные батометры от удара случайно соскользнувших по тросу при подвеске посыльных грузов. При больших углах наклона трос приходится подтягивать крюком, представляющим собой металлический стержень длиной 2 м и диаметром 5—10 мм.

Подготовленные батометры помещаются в деревянные стойки, которые прочно устанавливаются на палубе возле лебедок, а также в судовой лаборатории, где батометры хранятся в период стоянки судна в порту. Стойки представляют собой рамы с двумя перекладинами с гнездами для батометров. Палубные стойки должны закрываться на переходах брезентовыми чехлами.

На высокобортных судах для удобства навешивания батометров широко используются откидные площадки, однако при штормовой погоде батометры следует навешивать с палубы.

При значительном угле наклона троса рекомендуется увеличить массу концевого груза до 100—150 кг. Уменьшить угол наклона троса также можно за счет подработки машиной для компенсации дрейфа, однако эта операция не всегда возможна и требует высокого мастерства судоводителей.

Во время работы при отрицательных температурах воздуха на деталях батометров может образовываться лед, что способствует их повреждениям, а также затрудняет отбор проб воды. Для исключения появления льда необходимо перед навеской на трос разогревать батометры горячей водой в специальном баке или с помощью шланга, обязательно снимая на это время гильзы (оправу) с термометрами. С целью устранения возможности обмерзания батометров после их подъема рекомендуется применять утепленную стойку или заносить батометры в судовую лабораторию.

При обледенении палубы необходимо очищать ее от льда перед началом работ на океанографической станции.

Работа с батометром БМ-48 производится в следующей последовательности. Левой рукой берут батометр за цилиндр на уровне пластинки *11* (рис. 23) и большим пальцем нажимают на нее. Правой рукой берут за зажимное устройство и, нажимая на него в направлении движения часовой стрелки, открывают поворотом на 90° оба крана. Затем, удерживая правой рукой цилиндр батометра, приставляют его к тросу. Левой рукой продевают трос в косую прорезь кронштейна *7* зажимного устройства (рис. 24), заводят трос под прижимную планку *4* зажима и завинчивают барашек *5*. После этого, поддерживая батометр правой рукой, вводят трос в прорезь спускового устройства и завинчивают барашек зажимного устройства до отказа.

Различают серии встречные и очередные. Работа встречными сериями состоит в том, что во время выдержки одной серии на заданных горизонтах другая серия обрабатывается на палубе. Этот способ обычно применяется при работе с помощью ручных лебедок (серия из 2—3 батометров). Работу начинают с самых нижних горизонтов, так как даже при постановке судна на якорь возможен его дрейф, что приводит иногда к изменению глубины станции, в результате чего батометры могут лечь на грунт.

Работа вторым способом состоит в опускании максимально возможного числа батометров, которое зависит от прочности троса и мощности лебедки. Этот способ применяют в океане при работе электрическими лебедками (ЛЭРОК и др.). При этом в серию включается до 20 батометров и более.

На крупных судах работа с батометрами производится обычно следующим образом. За 10—15 мин до остановки судна на очередной станции вахтенный помощник капитана предупреждает по телефону вахтенных океанографов (обычно вахта состоит из двух наблюдателей), а после остановки заказывает через вахтенного механика электропитание на лебедку (рабочий борт определяется с океанографами заранее) и направляет к ней на палубу вахтенного матроса.

После уточнения глубины по эхолоту океанографы определяют горизонты наблюдений и записывают в книжку распределение батометров (номера) по ним.

Затем за борт выводят концевой груз и опускают до поверхности воды, но так, чтобы при волнении он не ударял о борт. Вахтенный матрос работает на контроллере лебедки, первый наблюдатель навешивает батометры, а второй подает их первому и называет отсчеты блок-счетчика, до которых матрос стравливает трос. Команду матросу на опускание батометров подает первый наблюдатель. Он же после опускания батометра до заданного горизонта измеряет угол наклона троса, по которому второй наблюдатель выбирает из таблицы притравку троса. Углы наклона троса и длину вытравленного троса второй наблюдатель записывает в книжку наблюдений (обычно КГМ-6).

Опускать батометры необходимо с равномерной скоростью (рекомендуется до 2 м/с) для исключения рывков троса при волнении, что может привести к преждевременному опрокидыванию батометров и соскальзыванию троса с блоков. Равномерность сбегания троса достигается с помощью ножного тормоза в соответствии с поднятием и опусканием судна на волне.

При отборе пробы воды поверхностного слоя батометром БМ-48 необходимо его опускать так, чтобы он при выдержке все время находился под водой.

На заданных горизонтах батометры выдерживают 5 мин, после чего по тросу опускают посыльный груз. Время опускания груза считают временем наблюдения и записывают в книжку. Скорость пробега посыльного груза по тросу должна быть 150 м/мин при вертикальном положении троса и 100 м/мин при угле наклона 60°.

Выждав необходимое время для достижения посыльным грузом последнего батометра, приступают к равномерному подъему серии. Для предотвращения потерь приборов рекомендуется подъем глубоководной серии производить со скоростью до 1 м/с, делая через каждые 1000 м пятиминутные остановки лебедки для раскручивания троса. Скорость подъема не должна быть более 3 м/с при тросе диаметром 3 мм и более 5 м/с при тросе большего диаметра.

При появлении батометра вблизи поверхности моря матрос плавно уменьшает скорость подъема и в момент подхода его к уровню груди наблюдателя останавливает лебедку. Батометры снимает с троса и устанавливает в стойку первый наблюдатель (в стойке батометры располагаются слева направо). После подъема серии производят отсчеты по глубоководным термометрам и термометрам-глубомерам и берут пробы воды из батометров (пробы берет вахтенный гидрохимик). Затем батометры опускают в бочку (бак) с пресной водой и в откры-

том виде помещают в стойку. При этом особое внимание уделяется надежности их крепления.

Иногда для ускорения работ батометры опускают с двух лебедок одновременно. Сначала опускают глубоководную серию от 250—300 до 2000—3000 м, а затем с расположенной ближе к носу судна лебедки того же борта опускают серию от поверхности до 250—300 м. Во избежание спутывания тросов рекомендуется увеличивать массу концевого груза верхней серии до 50—75 кг. Так как у глубоководной серии угол наклона троса больше, чем у верхней (вследствие большего сопротивления троса), опасность перепутывания тросов мала.

При работе до дна необходимо, чтобы расстояние между концевым грузом и нижним батометром было не более 2—3 м. Для предупреждения задевания приборов о дно следят за натяжением троса. При ослаблении натяжения следует серию поднять на несколько метров. Во время выдержки приборов на горизонтах необходимо каждые 10—15 мин измерять глубину эхолотом.

Перед началом работ с автоматическим батометром также производят его осмотр и проверку герметичности сосудов. Работа с прибором на стоянке судна производится следующим образом:

1) при помощи соединительной скобы батометр прикрепляют к огону троса (для уменьшения угла наклона троса прибор прикрепляют к тросу посредством зажимного устройства от батометра БМ-48, которое крепится скобой, а к огону крепится концевой груз);

2) прикрепляют сосуды к корпусу автоматического батометра;

3) открывают краны сосудов и закрепляют их в открытом состоянии;

4) проверяют крепление прибора к тросу и сосудов к корпусу;

5) прибор выводят за борт и опускают до поверхности воды, ставят стрелки блок-счетчика на нули;

6) опускают прибор на глубину 200 м, измеряют угол наклона троса, определяют поправку на наклон и опускают прибор с учетом поправки;

7) поднимают прибор на борт, устанавливают в стойку и производят слив воды из сосудов в склянки при помощи сливного устройства.

При работе с батометрами необходимо следить за тем, чтобы внутри цилиндров (сосудов) не образовывался осадок солей от морской воды. Для этого батометры после работы следует хорошо промывать теплой пресной водой с мылом, а затем просушивать в стойках.

Батометры хранят в сухом месте в стойках или вентилируемых ящиках в вертикальном положении.

5.5. Расчет глубины погружения батометров по наклону троса

Для расчета показаний блок-счетчика при опускании серии батометров на заданные горизонты применяют таблицы приложения 6 «Руководства по гидрологическим работам в океанах и морях», 1977 г. В этих таблицах приведены длины вытравленного троса при разных углах наклона для различных коэффициентов счетчика, равных 1,00; 0,99; 0,98; 0,97; 0,96; 0,95. Таблицы рассчитаны по формуле $h \sec \alpha / K$, где h — длина вытравленного троса, м; α — угол наклона троса, град; K — коэффициент счетчика. Нужную таблицу из приложения 6 перепечатывают, наклеивают на плотный картон и используют в работе.

Если угол наклона троса меньше 10°, $K=1$, а высота прикрепления батометров над поверхностью моря равна 5 м, то поступают следующим образом. Стравливают трос с концевым грузом, прикрепляют нижний батометр и ставят стрелки блок-счетчика на нули. Затем стравливают трос на расстояние между нижним и следующим горизонтом и прикрепляют второй батометр и т. д. Опустив всю серию, стравливают трос еще на 5 м. В книжке наблюдений отсчет счетчика «0» ставят против нижнего батометра, против второго снизу — отсчет счетчика, равный расстоянию между нижним и вторым снизу батометром. Против батометра, который опускается на самый верхний горизонт, ставят отсчет, соответствующий всей длине вытравленного троса.

Когда угол наклона троса равен или больше 10°, для определений расстояний между батометрами применяют два способа расчета: способ «дифференцированных поправок» (применяется при опасности повреждения батометров о дно) и способ «суммарных поправок», который обеспечивает более надежный выход батометров на заданный горизонт. Рассмотрим пример расчета по второму способу.

Пример. Требуется опустить серию из 6 батометров на горизонты 0, 10, 20, 30, 50 и 75 м. Высота прикрепления батометров над уровнем моря 5 м, а коэффициент блок-счетчика $K=0{,}95$.

Решение: 1) стравливают трос с подвешенным к нему концевым грузом и нижним батометром, прикрепляют к тросу батометр № 6, ставят стрелки блок-счетчика на нули и стравливают трос на расстояние между батометрами № 6 и 5 (25 м);

2) измеряют угол наклона троса. Он равен 40°. По таблице ($K=0{,}95$) приложения 6 для $\alpha=40°$ и $h=25$ м определяют показание счетчика, до которого следует вытравить трос (34 м), и стравливают трос до этого отсчета;

3) измеряют угол наклона троса (45°), прикрепляют батометр № 5, находят в таблице отсчет счетчика, соответствующий расстоянию между батометрами № 6 и 4 (45 м) при $\alpha=45°$. Он равен 66 м. Опускают батометры до этого отсчета;

4) измеряют угол наклона троса (45°), прикрепляют к тросу батометр № 4, находят в таблице отсчет счетчика, соответствующий расстоянию между батометрами № 6 и 3 (55 м) при $\alpha=45°$. Он равен 82 м. Опускают батометры до этого отсчета и т. д.

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. Этот способ расчета дает в основном завышение глубины погружения приборов, однако в этом случае весь слой будет охвачен измерениями, а истинные глубины погружения приборов определяются при помощи термометров-глубомеров (см. главу 6).

Следует, однако, помнить, что при сильном дрейфе судна возможны случаи, когда серия батометров не может быть опущена на глубины более 600—800 м, где трос располагается почти горизонтально, несмотря на значительные притравки. Кроме этого, при больших углах наклона троса возможно застревание даже утяжеленных посыльных грузов.

5.6. Хранение проб воды

Пробы воды наливают в специальные склянки, изготавливаемые из невыщелачиваемого морской водой стекла, и герметически закрывают. Емкость склянок обычно 100—300 мл. Всем требованиям удовлетворяют склянки из зеленого стекла со специальными фарфоровыми пробками на резиновой прокладке.

Впервые употребляемые для хранения проб воды склянки следует за несколько недель до начала работ наполнить морской водой, чтобы выщелочить растворимые элементы стекла. После этого склянки промывают пресной водой. Если они уже употреблялись для проб, то достаточно их промыть сначала горячей мыльной водой, а потом холодной пресной. Вымытые склянки просушивают в стойках вверх дном, а затем закрывают пробками и укладывают в ящики. Перед наполнением склянку промывают 2—3 раза исследуемой водой, чтобы удалить остатки пресной воды или воды предшествующей пробы.

При длительном хранении проб или их транспортировке пробки склянок следует заливать менделеевской замазкой или восковой массой (две части парафина и одна часть канифоли), которую доводят до кипения при интенсивном перемешивании. Допускается закупорка склянок резиновыми пробками, однако

поверх них рекомендуется надевать резиновые колпачки (соски).

Склянки хранят в гнездах специальных ящиков, дно и крышку которых подбивают войлоком. Каждый ящик должен иметь запор и две ручки для переноски. В каждом ящике помещается не более 50 склянок на 200 мл.

Вопросы и задания

1. Какие приспособления и приборы употребляются для отбора проб морской воды?
2. Каково устройство батометра БМ-48?
3. Что представляет собой батометр ААНИИ?
4. Как осуществляется взятие проб автоматическим батометром?
5. В чем заключается проверка батометров перед работой?
6. Какое дополнительное оборудование необходимо при работе с батометрами?
7. Как осуществляется работа с серией батометров?
8. Как определяется расстояние между батометрами при угле наклона троса?
9. Произведите расчет расстояний между батометрами, если горизонты наблюдений 100, 150 и 200 м, угол наклона троса 30°, коэффициент блок-счетчика 0,96, а высота над поверхностью моря 4 м.

Глава 6
ИЗМЕРЕНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ ВОДЫ

6.1. Измерение температуры поверхностного слоя моря термометром в оправе

Под *температурой поверхностного слоя моря* понимают температуру поверхностного слоя морской воды толщиной не более 1 м. Для измерения температуры этого слоя применяют ртутный термометр со шкалой, имеющей числовые отметки через 5 °С и цену деления 0,2 °С. Термометр вставляют в латунную или пластмассовую оправу, которая служит для защиты его от повреждений и позволяет удерживать около резервуара термометра небольшой объем воды, что обеспечивает правильность измерений.

Оправа (рис. 31) состоит из стакана *4* и двух вставленных одна в другую трубок *2* и *3* с продольными прорезями. Стакан навинчивается на нижнюю часть внутренней трубки *2* и имеет в верхней части отверстия для доступа воды. Наружная трубка

может поворачиваться на 90° и перекрывать прорези на внутренней трубке. На верхнем конце последней имеется съемная пробка, через которую проходит регулировочный винт с резиновой прокладкой. Пробка закреплена двумя винтами, одновременно прикрепляющими к трубке дужку *1*, служащую для крепления линя.

Рис. 31. Оправа к термометру для воды.

1 — скобка; *2* — внутренняя трубка; *3* — внешняя трубка; *4* — стакан.

Термометр вставляют в оправу через верхнее отверстие внутренней трубки, а пробка и резиновое кольцо, находящееся в нижнем конце трубки, служат для закрепления термометра. При установке термометра необходимо, чтобы в прорези была видна вся его шкала, а резервуар находился в средней части стакана.

При подготовке к измерениям производят внешний осмотр оправы, которая должна удовлетворять следующим требованиям:

1) на трубках не должно быть вмятин, наружная трубка должна вращаться на внутренней без заеданий, внутренняя без затруднений и люфта ввинчивается в верхнее дно стакана;

2) дужка и закрепляющие ее винты должны быть в исправности;

3) стакан не должен протекать.

Температуру поверхностного слоя моря с берега или с борта судна обычно измеряют либо погружая термометр в оправе непосредственно в море, либо в ведре.

Для получения сравнимых данных температура воды должна измеряться у берега всегда в одном и том же месте. Обычно местом наблюдений служат выдающиеся в море молы, причалы и т. п. В местах со значительными приливами и сгонно-нагонными колебаниями уровня допускается производить наблюдения в двух постоянных местах в зависимости от положения уреза воды. Глубина места наблюдений должна быть не менее 50 см при самом низком уровне. Место наблюдений должно быть удалено от устьев рек и ручьев, сточных труб. В зимнее время море в районе наблюдений не должно промерзать до дна.

С судна температуру воды измеряют всегда с подветренного борта в носовой части, где нет стока воды.

В защищенных от волнения местах у берега и при слабом волнении с судна термометр в оправе опускают на лине в воду

на глубину оправы (так, чтобы верхний конец оправы ушел в воду не менее чем на 5—10 см).

Перед опусканием термометра поворачивают наружную трубку так, чтобы ее стенки закрыли прорезь внутренней трубки. Оправу с термометром выдерживают около трех минут, а затем быстро поднимают, поворачивают трубку оправы, чтобы была видна шкала, и, подняв термометр до уровня глаза, быстро производят отсчет сначала десятых, а затем целых градусов. При этом необходимо предохранять термометр от воздействия прямых солнечных лучей.

При сильном волнении температуру воды измеряют в ведре, которым зачерпывают воду с поверхности моря. Для этой цели должны применяться только оцинкованные или эмалированные ведра (эти ведра не разрешается применять для других целей). Перед зачерпыванием воды рекомендуется ведро несколько раз опустить в море, чтобы оно приняло температуру воды. Ведро наполняют водой не менее чем на $^2/_3$, быстро поднимают и помещают в тень, защищая от прямых солнечных лучей и ветра. Затем, опустив оправу с термометром в ведро, выливают первую порцию воды из стаканчика и сразу же вторично опускают термометр в ведро. Помешивая воду оправой, через каждые 10—15 с производят отсчеты до тех пор, пока не заметят, что они перестали изменяться.

При отсчете необходимо смотреть на шкалу термометра так, чтобы луч зрения был перпендикулярен к ней в том месте, где находится конец столбика ртути, так как в противоположном случае точность отсчета резко уменьшится.

Особенной тщательностью должны отличаться измерения температуры в зимнее время, когда термометр в оправе необходимо переносить к месту наблюдений в теплоизолирующей упаковке и следить за тем, чтобы в ведро не попали кусочки льда (или лед не образовывался на стенках ведра), а при отсчетах не вынимать из воды стакан оправы.

При измерении температуры воды в проруби необходимо стакан оправы погружать не менее чем на 10 см глубже нижней поверхности льда.

Если скорость судна превышает 10 узлов, то при измерениях температуры следует сбавлять скорость хода судна, однако это не всегда возможно. Поэтому сведения о температуре забортной воды приходится получать по измерениям в приемном кингстоне охладительного трубопровода машинного отделения (во всех подобных случаях указывается глубина приемного отверстия). Измерения в кингстонах нередко вследствие ослабления циркуляции воды в трубопроводах дают грубые искажения результатов, поэтому к этому методу следует прибегать только в крайних случаях.

6.2. Глубоководные термометры и термометры-глубомеры

Глубоководный опрокидывающийся термометр (рис. 32) предназначен для измерения температуры воды на заданных горизонтах. Он состоит из двух термометров: основного (главного) *9* и вспомогательного (коррекционного) *2*, заключенных в стеклянную оболочку *12*, предохраняющую их от давления воды на глубинах.

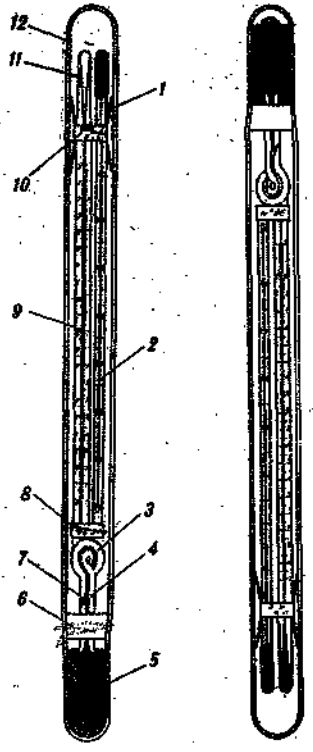


Рис. 32. Глубоководный опрокидывающийся гермометр ТГ.

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.

Основной термометр служит для измерения температуры воды, а вспомогательный — для измерения температуры внутри стеклянной оболочки в момент отсчета по основному термометру. Вспомогательный термометр смонтирован в опрокинутом состоянии относительно основного. Оба термометра скреплены друг с другом двумя металлическими хомутиками *8* и *10* 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 резервуаром и стеклянной оболочкой заполнено ртутью для обеспечения теплового контакта резервуара с внешней средой. Ртуть изолирована пробкой *6* от остальной части стеклянной оболочки. Чтобы внешнее давление не передавалось на резервуар термометра, пространство между резервуаром и оболочкой заполняется ртутью 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* — ответственная часть глубоководного термометра. Выше этого отростка капиллярная трубка завернута петлей *3* в один оборот (для приема

излишка ртути), а еще выше прямолинейна. В противоположном резервуару конце капилляра имеется расширение *11* (приемник). Объем приемника и капилляра до отметки шкалы 0 °С для каждого термометра постоянен и выражается не в обычных единицах объема, а в градусах и обозначается V_0 или Vol (значение объема наносят на приемник и указывают в аттестате термометра).

Принцип действия термометра заключается в следующем. После выдержки на заданном горизонте, во время которой термометр расположен резервуаром вниз, он опрокидывается. При этом столбик ртути отрывается в месте ответвления глухого отростка, отделяясь от основной массы ртути, находящейся в резервуаре (постоянство места отрыва ртути является основным условием правильности показаний глубоководного термометра). Оторвавшаяся ртуть стекает в противоположный конец капилляра, где находится приемник *11*. Объем оторвавшейся ртути крайне мал, а поэтому его тепловое изменение при отсчете незначительно. Для учета этого изменения объема и производится одновременно отсчет по вспомогательному термометру.

Числа отсчета, соответствующие градусам Цельсия, нанесены на шкалу начиная от верхнего конца капилляра в обратном направлении относительно резервуара, так как отсчет производится при перевернутом положении термометра — резервуаром вверх.

Для измерения температуры в морях с разным тепловым режимом выпускаются глубоководные термометры со следующими диапазонами показаний:

тип I — от —2 до +9 °С,
тип II — от —2 до +16 °С,
тип III — от —2 до +32 °С.

Цена деления шкалы у типа I 0,05 °С, у типов II и III 0,1 °С.

Вспомогательные термометры имеют диапазон показаний от —20 до +45 °С с ценой деления шкалы 0,5 °С.

Для точного измерения глубины погружения приборов (например, батометров) применяются термометры-глубомеры, представляющие собой несколько измененные глубоководные опрокидывающиеся термометры, у которых стеклянная оболочка, защищающая резервуар термометра от давления воды, открыта с нижней стороны и имеет в верхней части отверстие для стока воды. Действие термометров-глубомеров основано на измерении температуры воды и гидростатического давления, от которых зависит высота столбика ртути, отрывающегося при опрокидывании термометров-глубомеров. Последние применяются совместно с глубоководными опрокидывающимися термометрами, а глубина погружения приборов пропорциональна разности

показаний незащищенных и защищенных от давления воды термометров.

Удлинение столбика ртути в капилляре термометра-глубомера при изменении давления на 1 кг/см² (в системе СИ на 98066,5 Па) называется коэффициентом давления термометра-глубомера (или коэффициентом сжимаемости). Со временем, по мере старения стекла, этот коэффициент может измениться. Поэтому рекомендуется ежегодно производить соответствующую поверку термометра-глубомера.

В зависимости от диапазона измеряемых глубин выпускаются четыре типа термометров-глубомеров:

1) с диапазоном показаний от —2 до +10 °С с ценой деления шкалы 0,05 °С для измерения глубин от 350 до 800 м;

2) с диапазоном показаний от —2 до +20 °С с ценой деления шкалы 0,1 °С для измерения глубин от 450 до 1500 м;

3) с диапазоном показаний от —2 до +30 °С с ценой деления шкалы 0,1 °С для измерения глубин до 1800—2000 м;

4) с диапазоном показаний от +25 до +55 °С с ценой деления шкалы 0,2 °С для измерения глубин до 4000 м.

Перед выходом в рейс производится внешний осмотр глубоководных термометров и термометров-глубомеров. При этом необходимо установить следующее:

1) целость термометра и отсутствие трещин на оболочке;

2) не протекает ли ртуть через пробку;

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

4) отсутствие в ртути пузырьков воздуха (столбик ртути для этого осматривается через 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 и соединяется с основной массой ртути без просветов или пузырьков (глухой отросток при этом должен полностью заполняться ртутью, а в освободившейся верхней части капилляра не должно оставаться никаких следов ртути);

7) наличие свидетельства о поверке и дату последней поверки термометра (периодичность поверки для первого года работы 6 месяцев, в последующем 1 год).

Внешний осмотр термометров производят в помещении с температурой выше 0 °С, но не выше конечного значения шкалы.

Если обнаружен небольшой просвет в месте разрыва ртути, то осторожным нагреванием в теплой воде оболочки со стороны вспомогательного термометра делают попытку соединить разорвавшиеся части столбика ртути. Если этого не удается достиг-

нуть, то термометр непригоден и должен быть заменен другим.

Для работы глубоководные термометры и термометры-глубомеры вставляются в специальные металлические гильзы (оправы), входящие в комплект батометров. С целью повышения точности измерений температуры воды и глубины погружения приборов иногда на батометрах укрепляют по две гильзы для двух глубоководных термометров и двух термометров-глубомеров.

При измерении температуры воды без отбора проб для опускания глубоководных термометров и термометров-глубомеров употребляются специальные опрокидывающиеся рамы РОТ-48 (рис. 33), которые состоят из двух латунных трубок *2* с прорезями с двух сторон и с рядом отверстий *4*. Концы гильз соединены обоймами *1*. На нижней обойме против трубок имеются отверстия с нарезкой, плотно завинчивающиеся пробками *5*. Через эти отверстия в трубки вставляются термометры. Для крепления к тросу служит зажимное устройство, находящееся на нижней обойме рамы. Оно состоит из пластинки с канавкой *9*, в которую вставляется трос, и прижимной

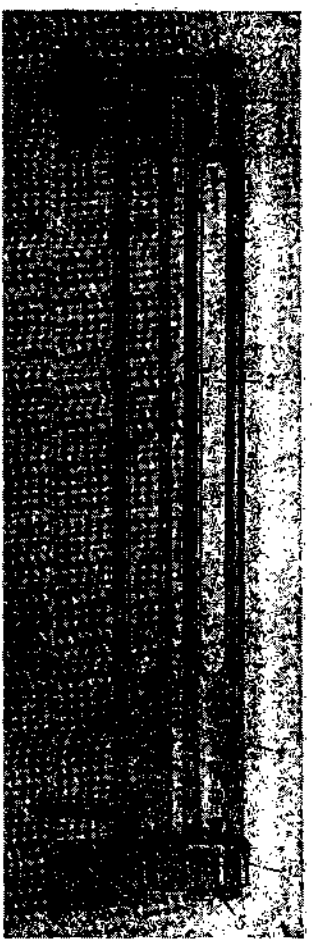


Рис. 33. Рама для опрокидывающихся термометров.

1 — обоймы спускового и зажимного устройства; *2* — гильзы; *3* — прорези; *4* — отверстия в гильзах; *5* — пробка; *6* — прижимная пластинка; *7* — барашек; *8* — крючок; *9* — пластинка с канавкой; *10* — рычаг; *11* — цилиндр; *12* — изогнутый стержень; *13* — штифт.

пластинки *6*, зажимающей трос при помощи барашка *7*. Над пластинкой находится рычаг *10* с крючком *8* для подвешивания посыльного груза для опрокидывания нижней рамы (или батометра) при опускании серии приборов. Спусковое устройство в верхней части рамы состоит из цилиндра *11*, прикрепленного к обойме. В цилиндре имеется косая прорезь, в которую входит изогнутый стержень *12*, связанный со штифтом *13*, выдвигающимся вверх при помощи пружины.

Перед выходом в рейс пары глубоководных термометров подбирают по диапазону показаний шкал и значению Vol. Vol пары термометров не должны отличаться более чем на 10°.

При креплении термометра в гильзе на верхнее и нижнее донышки гильзы вкладывают прокладки из корковой пробки или мягкой резины. Прокладки должны быть такой толщины, чтобы термометр упирался своими верхними и нижними концами в пробки. На некотором расстоянии от обоих концов термометра во избежание его вращения навертывают несколько витков изоляционной ленты так, чтобы термометр входил в гильзу с небольшим трением. При этом оставляют открытыми место отрыва столбика ртути и приемник с обозначением Vol. Вставлять термометр в гильзу необходимо осторожно, избегая резких сотрясений, слегка вращая его так, чтобы шкала при окончательном закреплении в гильзе пришлась против прорезей.

Глубоководные опрокидывающиеся термометры и термометры-глубомеры требуют очень осторожного обращения, в противном случае они через некоторое время начинают давать неправильные показания и могут быть приведены в полную негодность. Поэтому при хранении термометров необходимо соблюдать следующие правила:

1) хранить термометры в вертикальном положении резервуаром вниз, в противном случае оторвавшийся столбик ртути будет долгое время находиться изолированным от общей массы ртути и в месте отрыва ртути может образоваться пленка окислов, у которой в дальнейшем и будет происходить отрыв ртути;

2) хранить термометры в помещении с температурой выше 0 °С. Для перевозки термометров употреблять специальные ящики с гнездами, в которых термометры должны находиться также в вертикальном положении резервуаром вниз в деревянных пеналах.

6.3. Батитермографы

Для измерения распределения температуры воды по глубине применяются самопишущие приборы, называемые батитермографами. Их принцип действия основан на измерении деформации упругих чувствительных элементов, возникающей в результате изменения температуры воды и гидростатического давления при погружении и подъеме приборов.

Выпускаемый в СССР батитермограф ГМ-9-III имеет диапазон измерений температуры от —2 до +30 °С при глубине погружения до 200 м. Он состоит из двух главных частей: термоблока и батиблока, соединенных вместе с помощью корпуса прибора (соединительной гильзы).

Термоблок представляет собой термосистему, состоящую из медной капиллярной трубки (длина 20—25 м, наружный диаметр 1,2 мм, внутренний 0,35 мм), соединенной с концом термометрической геликоидальной пружины. Термосистема заполнена толуолом. Второй конец капиллярной трубки герметически закрыт. Трубка уложена в несколько слоев на расположенных радиально гребенках. Защитой капиллярной трубки от повреждений служат ребра стабилизатора. Геликоидальная пружина представляет собой трубку из бериллиевой бронзы, свернутую в виде цилиндрической спирали. Один конец пружины, связанный с капиллярной трубкой, закреплен неподвижно, а ко второму (свободному концу) припаяна стрелка с иглой на конце. При изменении температуры изменяется объем толуола, а в результате этого возникает упругая деформация геликоидальной пружины, и игла стрелки начинает скользить по стеклу, имеющему специальное покрытие. Имеется также и фиксирующая стрелка, игла которой вычерчивает базисную линию, служащую для проверки правильности установки стекла в отсчетное приспособление.

Батиблок (рис. 34) состоит из надетой на неподвижный стержень цилиндрической пружины, поверх которой укрепляется блок из трех спаянных между собой сильфонов *3*, создающих герметизирующий кожух вокруг пружины. Сильфоны воспринимают меняющееся давление воды при погружении или подъеме прибора и передают его пружине. Неподвижный конец сильфонов припаян к стакану головки *4*, а подвижный закрыт втулкой, к которой при помощи направляющего угольника *1* прикреплен столик *2*, несущий стекло. При погружении прибора втулка под воздействием гидростатического давления столба воды перемещается по стержню на расстояние, пропорциональное давлению (т. е. глубине погружения батитермографа). При этом связанный с втулкой столик смещается в сторону головки, а прикрепленная к геликоидальной пружине термоблока стрелка чертит кривую линию изменения температуры воды с глубиной.

Термоблок и батиблок объединяются в один прибор посредством соединительной гильзы, которая защищает их от механических повреждений. Для точной установки блоков в соединительной гильзе имеются фиксирующие элементы: пазы и штифты. Столик со стеклом защищен от механических повреждений заслонкой, поворот которой в сторону термоблока открывает столик для смены стекла. Одновременно выдвигается флажок арретира и приподнимаются стрелки.

На обоих концах батитермографа укреплены рамы с вертлюгами для крепления к тросу лебедки.

В комплект прибора входит отсчетное приспособление, применяющееся для отсчета и обработки записи на стекле. Оно

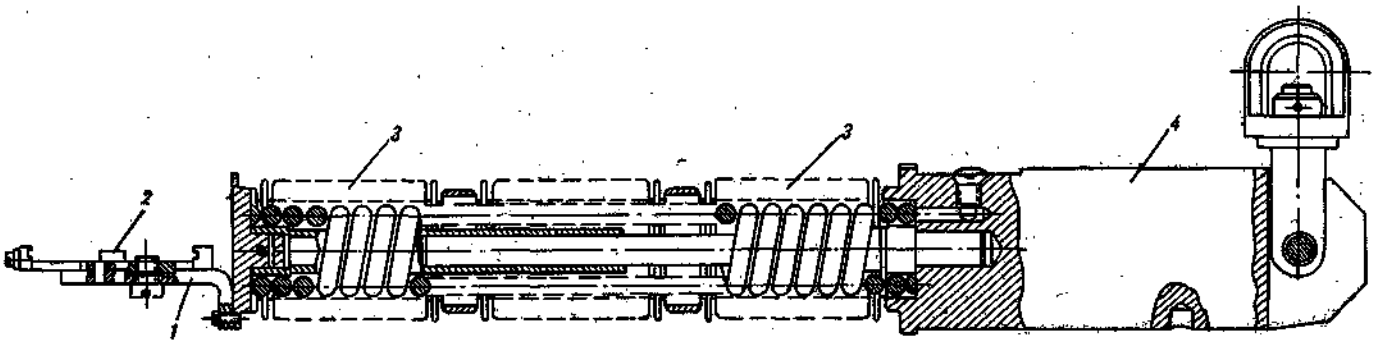


Рис. 34. Батиблок батитермографа ГМ-9-III.

1 — направляющий угольник; *2* — столик для стекла; *3* — блоки сильфонов; *4* — головки

представляет собой рамку с укрепленной на ней лупой в конической оправе. В рамке жестко установлена сетка, построенная по результатам градуировки батитермографа. Горизонтальные линии сетки соответствуют глубинам, а вертикальные — температурам. Стекло с записью вставляется в специальные пазы рамки до упора.

Батитермограф хранят в укладочном ящике в помещении, где не должно быть паров кислот и других едких летучих веществ, вызывающих коррозию металла. После работы прибор промывают пресной водой и просушивают. При загрязнении регистрирующей части допускается разборка батитермографа, промывка и прочистка мягкой волосяной кисточкой (щеткой). Однако необходимо помнить, что градуировка прибора производится в собранном виде, поэтому разборку следует производить только в крайнем случае, а после сборки следует провести сличение показаний батитермографа и глубоководных термометров, одновременно опуская их с стоящего в дрейфе или на якоре судна (термометры в рамах РОТ-48 опускают на горизонты 10, 20, 30, 50, 75, 100, 150 и 200 м). После обработки показаний термометров производят сравнение значений температуры воды с показаниями батитермографа на одних и тех же горизонтах. Глубину погружения приборов определяют по хорошо выверенному блок-счетчику при угле наклона троса, равном нулю.

Так как батиблок градуируется без учета более высокой плотности морской воды, то необходимо учесть поправку на соленость, которая при солености 7—18 ‰ принимается равной 1 м, при солености 19—31 ‰—2 м, а при солености 32—40 ‰ — 3 м на 100 м глубины. Если при сравнении показаний глубоководных термометров и батитермографа расхождения будут превышать допустимые (см. технические характеристики прибора), то батитермограф необходимо направить в ремонт и поверку.

При внешнем осмотре батитермограф должен удовлетворять следующим требованиям:

1) кривая записи на стекле должна иметь толщину не более 0,1 мм (если она расплывается, то следует прочистить стрелки кисточкой);

2) стрелки не должны быть сильно прижаты к стеклу, так как в этом случае запись оказывается ступенчатой. При недостаточном нажиме стрелок в записи получаются пропуски. Нажим стрелок регулируется вращением винтов, находящихся на стрелках, через отверстие в корпусе прибора.

Для нанесения покрытия на стекло используется специальная смазка МС-70, окрашенная красителем фиолетового цвета. Обычно покрытие стекол производят следующим образом. На середину чистого стекла кладут небольшое количество смазки,

покрывают вторым стеклом и взаимными смещениями обоих стекол растирают находящуюся между ними смазку так, чтобы она равномерно распределилась по всей поверхности. Толщина слоя покрытия должна быть примерно 0,1 мм. Стекла сдвигают одно относительно другого в направлении их длины до полного разъединения. Ваткой или ветошью, слегка смоченной в скипидаре, протирают края покрытого стекла на расстоянии 2—3 мм от ребра.

6.4. Методы измерения температуры воды глубоководными термометрами и батитермографами

При измерении температуры воды и глубины погружения приборов глубоководные термометры и термометры-глубомеры опускают в рамах РОТ-48 или гильзах, прикрепленных к батометрам, и выдерживают в течение 5 мин, считая с момента погружения на заданный горизонт самого верхнего прибора. По окончании выдержки по тросу опускают посыльный груз, записывая время его бросания в качестве времени наблюдений на всех горизонтах данной серии. Затем приборы поднимают на палубу и делают первый отсчет по термометрам, служащий для предварительной ориентировки и суждения о степени правильности показаний. При этом быстро протирают термометры чистой ветошью и производят через лупу отсчет сначала по левому вспомогательному и левому основному термометрам, затем по правому вспомогательному и правому основному термометрам. Рекомендуется сначала невооруженным глазом заметить конец столбика ртути, а затем, приложив лупу, произвести отсчет по вспомогательному термометру с точностью до 0,1 °С и основному до 0,01 °С. Сначала отсчитывают сотые и десятые доли градусов, а потом — целые.

Второй отсчет производят по окончании взятия проб из батометров, но не раньше чем через 5 мин после подъема прибора, чтобы оторвавшийся столбик ртути принял температуру окружающего воздуха. Второй отсчет считается окончательным и принимается для обработки.

В случае возникновения сомнений в правильности второго отсчета его необходимо повторить. При этом следят за тем, чтобы при увеличении отсчета по вспомогательному термометру во время второго отсчета отсчет по основному термометру тоже увеличивался и наоборот. Установленные в паре глубоководные термометры должны давать очень близкие между собой показания. Отсчеты по термометрам и термометрам-глубомерам записываются простым карандашом в соответствующие графы книжки наблюдений.

Для получения быстрой и наглядной записи распределения температуры по вертикали в слое от поверхности до глубины 200 м, для определения глубины залегания слоя скачка температуры и для вычисления вертикальных градиентов температуры воды на различных горизонтах применяются батитермографы. На основании их показаний на океанографических станциях назначаются дополнительные к стандартным горизонты наблюдений (например, в слое скачка).

Батитермографы применяются как на стоянке судна (в дрейфе или на якоре), так и на ходу.

Перед опусканием батитермографа открывают заслонку, вставляют в пазы столика стекло, обращенное слоем покрытия к стрелкам, а затем закрывают заслонку.

При работе на якоре или при незначительном дрейфе батитермограф прикрепляют к огону троса, оборудованного коушем, при помощи скобы. При значительном дрейфе или при работах на ходу судна к огону троса крепят концевой обтекаемый груз массой 25—50 кг, а батитермограф закрепляют на тросе на некотором расстоянии от груза при помощи зажимного устройства от батометра БМ-48, которое прикрепляется к рыму батитермографа скобой со стороны батиблока.

При работе на стоянке выводят за борт концевой груз и опускают его на несколько метров, прикрепляют к тросу батитермограф и погружают его в воду. Ставят стрелки блок-счетчика на нули, выдерживают батитермограф около 10 с (для принятия температуры поверхностного слоя), после чего опускают со скоростью около 2 м/с на заданную глубину, но не более 200 м. При опускании прибора учитывают угол наклона троса. По достижении заданного горизонта батитермограф с такой же скоростью равномерно поднимают.

Сразу же после подъема вынимают стекло, просматривают на свет запись и ставят на стекле при помощи тонко отточенного карандаша дату и номер станции.

При работе на ходу судна необходима электрическая лебедка, устанавливаемая в кормовой части судна. На океанографических судах батитермографы могут опускаться при скорости движения до 13—14 узлов. Концевой обтекаемый груз опускается на тросе диаметром 5 мм, а батитермограф крепится к тросу на расстоянии 20—30 м от груза. Опускание прибора производится под действием массы груза и прибора при разобщенном с электромотором барабане. Регулировка спуска осуществляется ножным тормозом. Необходимая длина троса для достижения горизонта 200 м уточняется на начальном этапе работ. Она зависит от скорости судна. Так, при скорости судна 13—14 узлов и применении концевого груза массой 15 кг вытравливается примерно 850—950 м троса. Следует помнить, что

опускать прибор на глубину более 200 м нельзя, так как батиблок рассчитан на давление до $196 \cdot 10^4$ Па.

Вытравив необходимую длину троса, лебедку останавливают, подключают барабан к электромотору и начинают подъем батитермографа, плавно увеличивая контроллером скорость до максимальной.

При приближении прибора к судну скорость выбирания троса уменьшают (остаток троса, равный 50—60 м, и прибор выбирают на первой скорости в 2—3 приема).

Работа с батитермографом на ходу судна должна проводиться двумя наблюдателями, которые в течение всего времени наблюдения поддерживают с вахтенным штурманом (с мостиком) двухстороннюю связь по радио или телефону.

После извлечения стекла и его предварительного просмотра батитермограф промывают пресной водой и помещают в стойку для просушки.

6.5. Обработка показаний термометров, термометров-глубомеров и батитермографов

Обработка показаний термометра в оправе, применяемого для измерения температуры поверхностного слоя моря, заключается в исправлении отсчетов по термометру поправками, приведенными в аттестате о поверке термометра.

Первичная обработка показаний глубоководных опрокидывающихся термометров заключается в следующем: 1) во введении поправок из аттестатов во вторые отсчеты основных и вспомогательных термометров; 2) в вычислении и введении в отсчеты основных термометров так называемых редукционных поправок k на изменение объема оторвавшейся части ртути; 3) в вычислении значения температуры воды на данном горизонте. Вся первичная обработка ведется в книжке наблюдений КГМ-6.

Поправки, приводимые в прилагаемым к термометрам аттестатам, обычно даются только для нескольких определенных числовых отметок шкалы термометра (так называемые поправки «при»), а значения поправок для промежуточных числовых отметок находятся путем интерполирования. Для исключения необходимости интерполировать рекомендуется составить таблицу со значениями поправок и пределами, в которых каждая из них применяется (поправки «от—до»). Пересчет поправок «при» в поправки «от—до» можно произвести с помощью номограмм, приведенных на рис. 35.

Номограмма *1* предназначена для пересчета поправок основных глубоководных термометров и термометров-глубомеров при

интервалах между числовыми отметками шкалы в 4°, а номограмма *2* — для пересчета поправок вспомогательного термометра с интервалами между числовыми отметками в 10°. Номограмма *1* содержит 11 горизонтальных линий, каждая из которых соответствует разности между двумя соседними поправками, приведенными в аттестатах термометров (через 0,01° от 0,0 до 0,10°). Номограмма *2* имеет 6 строк, что соответствует изменению разности от 0,0 до 0,5° через 0,1°.

Кривые линии на номограммах определяют границы интервалов значений температуры, в пределах которых поправка меняется на 0,01° для основного и на 0,1° для вспомогательного термометра. Точки пересечения кривых и горизонтальных линий обозначают пределы значений температуры, при которых поправки меняются на 0,01° (0,1°).

Пример. Пусть необходимо перейти от поправок «при» к поправкам «от—до», если в аттестате дано следующее:

Температура, °С	16	20	24
Поправка, °С	—0,08	—0,04	0,00

1. Строят таблицу поправок «от—до» (табл. 7).

Таблица 7

Таблица поправок «от—до» глубоководного термометра (основного термометра)

Температура, °С		Поправка, °С	Температура, °С		Поправка, °С
от	до		от	до	
16,00	16,49	—0,08	20,50	21,49	—0,03
16,50	17,49	—0,07	21,50	22,49	—0,02
17,50	18,49	—0,06	22,50	23,49	—0,01
18,50	19,49	—0,05	23,50	24,00	0,00
19,50	20,49	—0,04			

2. Так как разность между двумя соседними поправками равна 0,04°, то используют пятую строку сверху номограммы *1* и определяют пределы интервалов температуры (пределы «от»), начиная с которых действуют данные поправки. Для этого к нижней числовой отметке рассматриваемого участка шкалы прибавляют значения, приведенные в выбранной строке номограммы (0,04°).

3. Вычисляют пределы «до» каждого интервала. Принято считать, что каждая поправка действует от начала данного интервала до значения температуры, которая меньше на 0,01° начала следующего интервала (табл. 7).

Можно поправки «при» пересчитать в поправки «от—до» графическим способом. Для этого на миллиметровой бумаге, где по оси абсцисс отложены значения температуры в масштабе 1 см 1 °С, а по оси ординат — поправки в масштабе в 1 см 0,01 °С, наносят точки, соответствующие поправкам термометра. Полученные точки соединяют плавной кривой. От каждого значения поправки на 5 мм вверх и вниз проводят параллельные оси абсцисс линии, которые пересекут кривую в точках, соответствующих температуре «от — до». Поправки снимают с точностью до 0,01°.

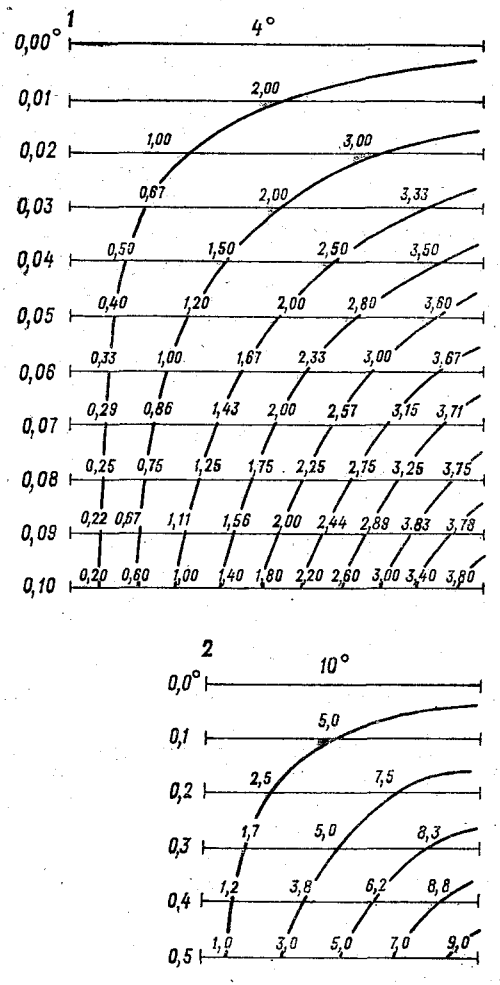


Рис. 35. Номограммы для пересчета поправок термометров «при» к поправкам «от—до».

Найденные инструментальные поправки алгебраически прибавляются ко вторым отсчетам основного и вспомогательного термометров.

Редукционные поправки выбираются из табл. 1.1 «Океанографических таблиц» 1975 г., в которых они вычислены по формуле

$$k = \frac{(T - t)\,(T + v_0)}{n} \times \left[1 + \frac{(T + v_0)}{n}\right],$$

где T — значение температуры по основному термометру; t — значение температуры по вспомогательному термометру; v_0 — значение объема ртути в приемнике капилляра до числовой отметки шкалы 0 °С, выраженное в градусах; $1/n$ — относительный объемный коэффициент расширения ртути и стекла термометра (n=6300).

Аргументами для входа в эту таблицу служат разность $(T—t)$ и сумма $(T+v_0)$. Редукционные поправки k приведены с точностью до 0,01 °С. Знак 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 отсчету основного термометра.

При большом числе обрабатываемых показаний термометров определение редукционных поправок при помощи таблиц трудоемко, поэтому поправки находят графическим способом. Нахождение поправок при помощи индивидуальных графиков для каждого термометра не требует предварительного вычисления $(T—t)$ и $(T+v_0)$, исключает необходимость введения поправок из аттестатов, которые учитываются при составлении графиков.

Один из способов построения индивидуальных графиков суммарных поправок основан на применении графического вычитания для получения редукционной поправки

$$k = AT - At,$$

где

$$A = \frac{T+v_0}{n}\left(1 + \frac{T+v_0}{n}\right).$$

При построении индивидуальных графиков применяется номограмма, которая строится при помощи табл. 1 приложения 8 «Руководства по гидрологическим работам в океанах и морях», 1977 г. При построении номограммы на миллиметровке по оси абсцисс откладывают $(T+v_0)$ в масштабе в 1 см 2 °С, а по оси ординат — значения At в масштабе в 1 см 0,02 °С. Значения редукционных поправок для одинаковых значений температуры по показаниям вспомогательного термометра соединяют линиями и подписывают. Для повседневного использования номограмма переснимается на кальку.

Индивидуальные графики строят в масштабе: по оси абсцисс (значение температуры по основному термометру) в 1 см 1 °С, по оси ординат (суммарная поправка) в 1 см 0,02 °С. На бланках этих графиков наносят инструментальные поправки «при» из аттестатов термометров, затем на них накладывают номограмму так, чтобы через точку, соответствующую инструментальной поправке основного термометра, проходила линия значения температуры по вспомогательному термометру t, равного тому же значению, которому соответствует поправка. Вертикальная линия номограммы $(T+v_0)$ должна совпадать с вертикальной линией значения температуры по основному термометру T на индивидуальном графике. Точки пересечения линий $(T+v_0)$ и t накалывают на график иглой. Точки наколки являются значениями суммарной поправки к показаниям основ-

ного термометра для значений температуры вспомогательного термометра от 0 до 30 °С при фиксированных T и v_0.

Точки одинаковых t соединяют и подписывают. Вход в график осуществляется по вторым отсчетам основного и вспомо-

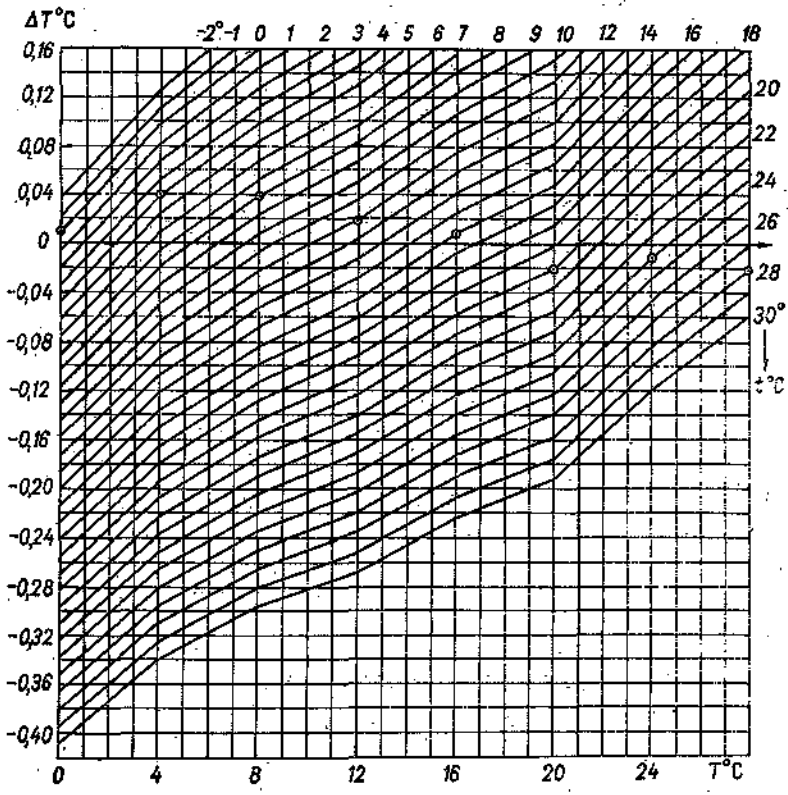


Рис. 36. Индивидуальный график суммарных поправок глубоководного термометра, Vol=88°.

T — температура по основному термометру, °С; t — температура по вспомогательному термометру, °С; Δt — поправка вспомогательного термометра, °С; ΔT — суммарная поправка, °С.

гательного термометров, а значение поправки снимают на оси ординат. Образец индивидуального графика показан на рис. 36.

Для обработки показаний глубоководных термометров может быть использован «Альбом графиков редукционных поправок к глубоководным термометрам» Л. Г. Комиссарова, содержащий 10 графиков (от Vol=60 до Vol=159°). Каждый график вычислен для интервала Vol через 10°. На оси абсцисс отложены зна-

чения T от —2 до 30 °С, на оси ординат — значения t от —2 до 30 °С.

Для определения редукционной поправки k входят в соответствующий график (в зависимости от Vol) с исправленными поправками из аттестатов отсчетами T и t и в точке пересечения находят значение k, указанное в полосе между изолиниями.

Редукционные поправки можно вычислять также при помощи специальных линеек.

Если исправленные отсчеты обоих глубоководных термометров разнятся не более чем на 0,05°, их следует арифметически осреднить. Полученное значение и будет окончательным (принятым) значением температуры. При разнице более 0,05° просматривают исправленные первые и вторые отсчеты и выявляют сомнительные показания, которые исключают. Значение температуры воды, принятое только по одному термометру, отмечают звездочкой (например, 10,45 *) и сопровождают пояснением. Если не удается установить большую надежность одного из термометров, записывают отдельно окончательное значение температуры по каждому термометру, ставя рядом знак вопроса.

Обработка показаний термометров-глубомеров производится следующим образом:

1) вычисляют по глубоководному термометру, опускаемому на данный горизонт вместе с термоглубомером, значение температуры;

2) в показания основного и вспомогательного термометров глубомера вводят поправки из аттестатов;

3) вводят редукционную поправку в исправленный поправкой отсчет основного термометра термометра-глубомера по табл. 1.2 «Океанографических таблиц» 1975 г., в которой она вычислена по формуле:

$$k = \frac{(T_w - t)(T - v_0)}{n}\left[1 + \frac{t_w - t}{2n}\right],$$

где T — показание основного термометра термометра-глубомера; t — показание вспомогательного термометра при глубомере; T_w — исправленное показание глубоководного термометра; v_0 — объем ртути в приемнике капилляра до деления 0°, выраженный в градусах шкалы термометра-глубомера; $1/n$ — относительный объемный коэффициент расширения ртути и стекла термометра-глубомера ($n = 6300$).

Знак поправки k одинаков со знаком разности $T_w - t$.

При помощи табл. 2 приложения 8 «Руководства по гидрологическим работам в океанах и морях» (изд. 1977 г.) можно построить график редукционных поправок, который облегчает обработку.

Глубину погружения термометра-глубомера вычисляют по формуле

$$H = \frac{10\alpha_m \Delta t}{\beta},$$

где H — глубина погружения, м; $\Delta t = T - T_w$ — разность исправленных показаний по термометру-глубомеру и глубоководному термометру; β — коэффициент давления термометра-глубомера из аттестата; α_m — средний удельный объем воды от поверхности моря до данной глубины, исправленный на сжимаемость.

Для облегчения работы по вычислению глубины используют табл. 1.4 из «Океанографических таблиц» (изд. 1975 г.), аргументами для входа в которую являются разность исправленных отсчетов Δt и коэффициент β. По таблице находят $k = 10\Delta t/\beta$, откуда $H = k\alpha_m$.

В табл. 8 приведен пример вычисления среднего удельного объема воды.

Таблица 8

Вычисление средних удельных объемов по слоям

Глубина h м	v_t	δ_p	v_{ptS}	α_{ptS}	$\bar{\alpha}_{ptS}$	Δh	$\bar{\alpha}_{ptS}\Delta h$
0	83,40	0,00	83,40	0,9834			
					0,98335	10	9,8335
10	83,38	—0,04	83,34	0,9833			
					0,9831	10	9,8310
20	83,01	—0,09	82,92	0,9829			
					0,9825	10	9,8250
30	82,23	—0,13	82,10	0,9821			
					0,9818	20	19,6360
50	81,76	—0,22	81,54	0,9815			
					0,9806	50	49,0300
100	80,13	—0,45	79,58	0,9797			
					0,97945	50	48,9725
150	79,87	—0,67	79,20	0,9792			
					0,97895	50	48,9475
200	79,64	—0,90	78,74	0,9787			
					0,97845	50	48,9225
250	79,34	—1,12	78,22	0,9782			
					0,9780	50	48,9000
300	79,19	—1,35	77,84	0,9778			
					0,977745	100	97,745
400	78,92	—1,80	77,12	0,9771			
					0,97685	100	97,685
500	78,86	—2,24	76,62	0,9766			
						500	489,328

При этом условный удельный объем v_t выбирается из табл. 1.8 по значениям температуры и солености воды на данном горизонте, а поправка на сжимаемость воды δ_p — из табл. 1.11 (при этом принимают, что глубина в метрах численно равна давлению в децибарах). $\alpha_{ptS} = (v_t + 900)/1000$. Средний удельный объем α_m находят по следующей формуле: $\alpha_m = \Sigma\bar{\alpha}_{ptS}\Delta h/\Sigma\Delta h$, т. е. $\alpha_m = 489{,}328/500 = 0{,}97865$.

Если изменения удельного объема в исследуемом районе невелики (менее 0,001), то можно ограничиться вычислением α_m для одной или нескольких станций.

Обработка показаний батитермографа состоит из:

1) отсчетов температуры на горизонтах 0, 10, 20, 30, 50, 75, 100, 150 и 200 м;

2) определений границ слоя скачка и значений температуры на них, а также глубины и значений температуры в точках перегиба (характерных точках) кривой записи на стекле;

3) определений максимума и минимума температуры и глубин, на которых они наблюдаются;

4) вычислений градиента температуры.

Перед вставлением стекла с записью прочищают пазы рамки отсчетного приспособления. Обсушенное стекло вставляют покрытием к сетке и вдвигают до упора. При этом начало записи на стекле должно совместиться с верхней дугой сетки, а базисные линии должны совпасть. Добившись отчетливой видимости сетки и записи на стекле фокусированием лупы, производят отсчеты до половины цены деления сетки (до 0,1 °С по температуре и до 1 м по глубине). Отсчеты производят по оси линии, прочерченной иглой стрелки на стекле с покрытием.

Кривая вертикального распределения температуры вычерчивается на стекле как при опусканий, так и при подъеме батитермографа, поэтому может иметь место так называемый гистерезис (двойная запись), особенно заметный в слое скачка температуры. Гистерезис связан с особенностями конструкции прибора (динамическими свойствами термоблока, трением пружины батиблока о шток и стенки сильфонов и др.), т. е. представляет собой техническое свойство батитермографа. При наличии двойной записи рекомендуется производить отсчеты по кривой опускания (обычно правая кривая) или по обеим кривым, а затем брать их среднее значение.

Показания батитермографа записывают в книжку КГМ-18М, а затем в них вводят поправки из аттестата прибора. Значение температуры воды для любого показания батитермографа также можно найти по графику, который строится по результатам сличения показаний батитермографа и глубоководных термометров. При этом на оси абсцисс графика откладывают показания батитермографа, а по оси ординат — значения температуры воды, полученные после обработки показаний глубоководных термометров. После нанесения на график точек проводят среднюю линию, которая и используется при обработке показаний батитермографа.

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

При работе с серией батометров термометры-глубомеры обычно опускаются не на каждый горизонт, поэтому глубину погружения батометров на промежуточные горизонты приходится определять путем расчета. Существуют четыре способа определения глубины промежуточных приборов в сериях, основанные на учете длины вытравленного троса. Наиболее сложным и наиболее точным является первый способ, который и рассматривается в настоящем параграфе.

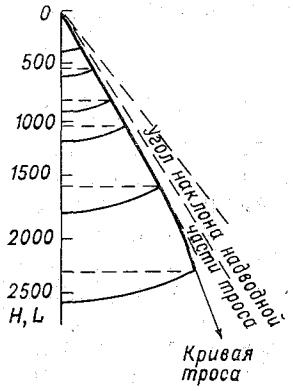


Рис. 37. Определение глубины погружения приборов, не снабженных термометрами-глубомерами.

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

Обработку по этому способу производят следующим образом:

1) на миллиметровой бумаге по оси ординат откладывают глубину погружения прибора H, снабженного термометром-глубомером, и длину вытравленного троса L (рис. 37). От этой оси проводят пунктиром горизонтальные линии, соответствующие глубинам, измеренным инструментально;

2) откладывают на оси ординат в выбранном масштабе отрезки, соответствующие длинам вытравленного троса L для снабженных термометрами-глубомерами батометров. Затем радиусами, равными этим длинам, проводят дуги окружностей до пересечения с линиями глубин. Точки пересечения соединяют плавной кривой, которая будет соответствовать кривой троса;

3) общая длина кривой троса должна быть равна длине всего вытравленного троса, а отрезки кривой между двумя последовательными парами термометров-глубомеров должны соответствовать длине троса между ними. В верхней части кривая должна идти под углом наклона надводной части троса;

4) глубины погружения приборов, не снабженных термометрами-глубомерами, определяют следующим образом: а) находят разность длин вытравленного троса между приборами с термометром-глубомером и прибором, глубину погружения которого необходимо определить; б) от точки, соответствующей глубине погружения термометра-глубомера, откладывают на кривой найденную разность длин вытравленного троса и против полу-

ченной на кривой точки на оси ординат находят искомую глубину.

Для облегчения расчетов могут применяться текстолитовая линейка с полоской миллиметровой бумаги или обтянутый миллиметровой бумагой планшет с гибкой линейкой из органического стекла.

Построение кривой троса дает возможность контролировать показания термометров-глубомеров. Если показания какого-либо из них будут неверны, то соответствующая этим показаниям точка не будет лежать на кривой.

При необходимости определения глубин погружения приборов, не снабженных термометрами-глубомерами, особое внимание следует уделять поверке блок-счетчиков и определению их поправочных коэффициентов.

Вопросы и задания

1. Каково устройство оправы для термометра, предназначенного для измерения температуры поверхностного слоя моря?
2. Как производится измерение температуры поверхностного слоя моря на стоянке и на ходу судна?
3. Каково устройство глубоководного опрокидывающегося термометра и термометра-глубомера?
4. В чем заключается принцип действия глубоководного термометра?
5. Каким требованиям должен удовлетворять глубоководный термометр при внешнем осмотре?
6. Каково устройство рамы для глубоководных термометров?
7. Как осуществляется крепление глубоководных термометров в рамах?
8. Как должны храниться глубоководные термометры?
9. На чем основан принцип действия батитермографа?
10. Каково устройство термоблока и батиблока батитермографа?
11. Что представляет собой отсчетное приспособление батитермографа?
12. Как производится работа с батитермографом?
13. Перейти от поправок «при» к поправкам «от—до», если:

Числовые отметки шкалы, °С	0	4	8
Поправка, °С	+0,02	—0,01	—0,04

14. В чем заключается физический смысл редукционной поправки?
15. Найти редукционную поправку, если $T=17{,}86$ °С, $t=12{,}5$ °С, $v_0=102°$.
16. Вычислить истинную глубину погружения термометра-глубомера, если $T=5{,}25$ °С, $T_w=2{,}43$ °С, $\alpha_m=0{,}9730$, $\beta=0{,}095$.

Глава 7
НАБЛЮДЕНИЯ НАД ВОЛНЕНИЕМ МОРЯ

7.1. Приборы и оборудование, применяемые для наблюдений над волнением моря

Наблюдения над волнением производятся визуально, полуинструментальными методами, а также с помощью различных волнографов, стереофотосъемки и других методов (волнографы рассматриваются в главе 19).

Волнение моря наблюдается как непосредственно с берега, так и с судов и самолетов.

Для измерения элементов волн при глубинах моря до 3 м применяются деревянные или металлические волномерные вехи, которые либо прикрепляются к сваям, либо вбиваются в дно. Их длина выбирается с учетом высоты наиболее крупных волн при наивысшем уровне. С целью уменьшения сопротивления ударам волн рейки должны иметь круглое сечение (например, рейка из стальной трубы, приваренной к основанию — крестовине из двутаврового железа). Верхняя часть рейки окрашивается кольцами по 0,1 м черной и белой краской. Волномерные рейки, снабженные приспособлениями для обеспечения их плавучести, устойчивости и установки, называются волномерными вехами. Для придания плавучести гидрографической вехе на ее нижнюю часть надевается деревянный чурбан длиной 1,5—2 м, диаметром до 30 см. Для обеспечения плавучести вехи ГГИ используют пробковые или пенопластовые круги. Перед установкой к нижнему концу вехи прикрепляется груз (обычно один или несколько бетонных массивов) посредством тросов с вертлюгами или цепей.

Для измерения элементов волн и направления их распространения с берега применяется волномер-перспектометр, работа которого основана на принципе оптического измерения элементов волн при помощи зрительной трубы с отсчетной сеткой. Основной частью прибора является головка *1*, содержащая два монокуляра от бинокля Б8×30 (рис. 38). Эта головка укреплена на подставке посредством верхней *12* и нижней *11* пластин и двух установочных винтов *13*. Левый монокуляр крепится к передвижной каретке и может перемещаться по направляющей вращением винта *2*.

Подставка *5* имеет горизонтальный лимб с делениями в градусах и алидаду *10* с микрометрическим винтом *3*, служащим

для точной наводки. Головка с алидадой может вращаться относительно лимба, который в свою очередь может вращаться с алидадой относительно вертикальной оси на 360° и закрепляться в нужном положении стопорным винтом *4*.

На пластинке *11* имеется круглый уровень, а внизу у подставки три подъемных винта *9*, с помощью которых волномер приводится в горизонтальное положение. Нижние концы подъемных винтов опираются на треугольную пластину *7*, а сверху прижимаются второй треугольной пластиной *8*. Эти пластины привинчены к диску *6*, имеющему отверстия для крепления прибора к основанию. Для защиты от повреждений, пыли и влаги имеется специальный кожух.

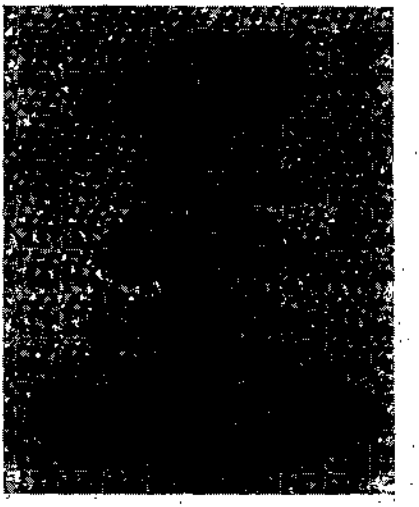


Рис. 38. Волномер-перспектометр.

1 — головка; *2* — винт для установки окуляров по междузрачковому расстоянию; *3* — микрометрический винт; *4* — стопорный винт; *5* — подставка; *6* — диск; *7*, *8* — треугольные пластины; *9* — подъемный винт; *10* — алидада; *11*, *12* — пластины (верхняя, нижняя); *13* — установочный винт.

Расположенная в середине поля зрения трубы (рис. 39) шкала дальности проектируется на поверхность моря и при правильной установке волномера-перспектометра дает возможность определить горизонтальное расстояние от прибора до какой-либо точки на поверхности моря в километрах.

Шкала высот на сетке расположена с правой стороны шкалы дальности. Цена деления шкалы указывается в верхней части сетки.

Для измерения высот волн в поле зрения волномера-перспектометра устанавливается на якоре легкий буй, который должен свободно всплывать на гребнях волн и не притапливаться в их ложбинах.

Наклонные линии сетки предназначены для измерения горизонтальных расстояний на поверхности моря, перпендикулярных лучу зрения. Эти линии можно использовать для измерения скорости движения предметов, перемещающихся перпендикулярно лучу зрения.

Перспективная сетка рассчитывается для двух высот над уровнем моря: 10 м (предназначена для измерения расстояний от 100 до 2000 м, цена деления шкалы высот 0,5 м) и 40 м (для измерения расстояний от 400 до 5000 м, цена деления шкалы высот 1 м).

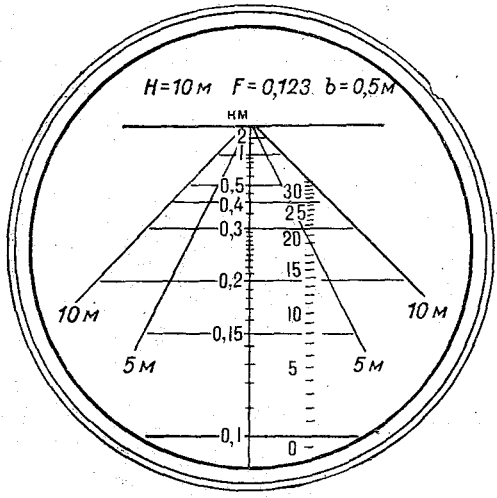


Рис. 39. Измерительная сетка волномера-перспектометра.

Если высота установки и волномера-перспектометра H_1 отличается от высоты H, для которой рассчитана перспективная сетка, то необходимо учитывать переходный коэффициент $k=H_1/H$. Например, прибор установлен на высоте над уровнем моря, равной 14 м. Сетка рассчитана для высоты 10 м. Следовательно, коэффициент k будет равен 1,4. Коэффициент k не должен быть меньше 0,5 и больше 2,0.

7.2. Визуальные и полуинструментальные наблюдения над волнением моря

Береговые наблюдения над волнением моря производятся с постоянного пункта, который должен удовлетворять следующим требованиям:

1) быть достаточно открытым для того, чтобы наблюдатель мог обозревать возможно больший сектор поверхности моря;

2) глубины моря должны быть наибольшими для данного прибрежного участка и располагаться возможно ближе к берегу (следует избегать крутых и приглубых берегов, от которых происходит отражение набегающих волн и образование толчеи);

3) береговая линия в районе наблюдений не должна быть слишком извилистой, что способствует искажению волнения;

4) в районе наблюдений должны отсутствовать банки, рифы и другие препятствия, искажающие волнение;

5) необходимая высота волномерного пункта определяется по формуле $H=0{,}1L$, где H — искомая высота пункта в метрах, L — расстояние в метрах от пункта до установленных в море вех или буев;

6) волномерный пункт не должен быть удален от гидрометстанции на значительное расстояние и должен быть доступным для наблюдателя в любую погоду.

Для защиты наблюдателя от ветра и осадков на волномерном пункте устанавливают будку размером 1,5×1,5×2,0 м, снабженную окном в сторону моря. В будке оборудуется подставка для волномера, а для наблюдений в темное время суток желательна установка мощного прожектора для освещения волномерной вехи или буя.

При производстве визуальных наблюдений с судна пунктом наблюдений служит обычно верхний мостик, однако высота волн должна определяться с палубы судна.

Условия наблюдений над волнением подробно описываются в техническом деле станции. К описанию прилагается батиметрическая карта прилегающего района моря и схема расположения волномерных реек, вех и буев.

Волномерный пункт должен быть оборудован прибором для измерения направления и скорости ветра.

Наблюдения над волнением на береговых станциях производятся в сроки 03, 09, 15 и 21 ч по московскому времени. Если срок приходится на темное время суток и поверхность моря не освещена прожектором, то наблюдения выполняются со сдвигом во времени (на 1—2 ч). При появлении в море льдов наблюдения продолжаются до тех пор, пока различаются очертания вершин и подошв волн.

Судовые наблюдения над волнением производятся в сроки 00, 03, 06, 09, 12, 15, 18 и 21 ч по гринвичскому времени.

При наблюдениях над развитием и затуханием волн наблюдения над волнением и ветром производятся ежечасно.

Состав наблюдений над волнением следующий:

1) тип волнения;
2) направление распространения волн;
3) элементы волн (высота, период, длина).

Тип волнения определяется с берега в более мористом районе, где волны менее искажены влиянием берега и дна. При наблюдениях с движущегося судна тип волнения оценивается за пределами корабельных волн. Наиболее сложно определять тип волнения при одновременном наличии ветровых волн и зыби. В этом случае запись в книжке наблюдений производится в виде дроби, причем в числителе всегда записывается тип преобладающего по высоте волнения (например, з/вв, если зыбь преобладает над ветровым волнением).

В виде дроби также записывается направление распространения волн, причем в числителе записывается направление преобладающего по высоте волнения. Направление распространения волн с берега определяется за пределами прибойной зоны

с помощью ориентирного столба (по восьми румбам) или при помощи волномера-перспектометра (в градусах), а с судна — при помощи судового компаса (в десятках градусов). Направление волн всегда определяется «в компас» (откуда идут волны).

Наблюдения за элементами волн выполняются только для преобладающего типа волнения. При визуальных наблюдениях за высотами волн выбирается один и тот же наиболее мористый район, осматривая который наблюдатель определяет высоту наиболее крупных волн в течение 5 мин, а затем выбирает из них пять наибольших волн, которые и записывает в книжку наблюдений со следующим округлением: до $^1/_4$ м при высоте до 1,5 м, до $^1/_2$ м при высоте от 1,5 до 4 м и до 1 м при высоте 4 м и более.

При наличии волномерных реек (вех) производятся отсчеты в моменты последовательного прохождения через них вершин и подошв волн. Разность этих отсчетов и дает высоту волн с точностью 0,1 м. Для повышения надежности отсчетов используют бинокль.

При визуальном определении высот волн с судна учитывают следующее:

1) наблюдения необходимо производить с палубы судна (возможно ближе к поверхности моря), выбирая волны в некотором удалении от судна (там, где они не сталкиваются с корабельными волнами);

2) для сравнения желательно иметь в поле зрения борт судна;

3) лучше смотреть навстречу бегущим волнам (их подветренные склоны более круты, чем наветренные, и заметны лучше);

4) когда отдельные крупные волны проектируются на линию горизонта и оказываются выше нее в моменты нахождения палубы судна в горизонтальном положении, то это означает, что высоты вершин волн над средним уровнем моря больше высоты глаза наблюдателя над ватерлинией, а высоты волн больше удвоенной высоты вершин.

Высоту наиболее крупных волн определяют на глаз в полуметрах и записывают в книжку наблюдений (например, 1,5 м записывают 3). Из записанных волн (обычно 5—6) выбирается максимальная высота. В темноте или при плохой видимости высоты волн записываются со знаком вопроса.

При береговых наблюдениях период волн определяется путем измерения с помощью секундомера промежутка времени между прохождением через волномерную рейку (веху или буй) первой и одиннадцатой вершин с последующим делением этого времени на 10. Такие измерения выполняют три раза и вычисляют среднее значение с точностью до 0,1 с.

Для измерения периода волн с находящегося в дрейфе или на якоре судна за борт выбрасывают какой-нибудь плавающий предмет, который выполняет роль буя. Измерения производят также три раза, однако полученное среднее значение периода округляют до 1 с. При скорости движения судна до 8 узлов можно применять этот же метод, но более одного цикла измерений повторить не удается.

При скорости движения судна более 8 узлов приходится измерять период отдельных, наиболее крупных волн по пятнам пены, которая почти всегда образуется при ветровом волнении и может служить естественным «поплавком». Когда пена окажется на вершине большой волны, включают секундомер, а когда она будет на вершине следующей за ней волны, секундомер выключают. Измеряют пять периодов и вычисляют среднее значение, которое с точностью до 1 с записывают в книжку наблюдений со «звездочкой».

При наблюдениях с судна производят измерение длин наиболее крупных, следующих друг за другом волн. Масштабом для этих измерений служит длина судна. При попутном или встречном движении волн расстояние между их вершинами легко заметить по борту судна. Измеряют длину 3—5 наиболее крупных волн, а в книжку наблюдений записывают среднее значение длины в метрах.

При полуинструментальных наблюдениях над волнением применяется волномер-перспектометр, устанавливаемый на каменном или деревянном столбе в волномерной будке. Высота оптической оси волномера над уровнем моря определяется до 0,1 м, что необходимо для вычисления переходного множителя (коэффициента). В морях с приливными или значительными сгонно-нагонными колебаниями уровня высота волномера над уровнем моря будет от срока к сроку переменной, поэтому необходимо учитывать фактическое положение волномера над уровнем моря, чтобы правильно вычислить его коэффициент.

Установка волномера заключается в следующем:

1) открепляют стопорный винт *4* (рис. 38) и устанавливают лимб по буссоли с учетом магнитного склонения так, чтобы его линия 0—180° была расположена в плоскости меридиана, причем деление 0° должно быть направлено на юг, а деление 180°— на север. Стопорный винт закрепляют и освобождают только при корректировке установки. Для облегчения проверки ориентировки перед каждым наблюдением пользуются мирой (постоянный предмет на местности, истинный азимут которого определен заранее);

2) с помощью подъемных винтов *9* и круглого уровня ось вращения прибора устанавливают в строго вертикальное положение. Для этого вращением диска *10* располагают оптическую

ось волномера параллельно линии двух любых подъемных винтов, с помощью которых пузырек уровня приводится в среднее положение, а затем вращением третьего подъемного винта — строго в центр. Поворотом диска на 180° проверяют, сохранил ли пузырек установленное положение;

3) вращением винтов *13* изменяют положение головки волномера в вертикальной плоскости так, чтобы горизонтальная линия сетки совместилась с изображением линии видимого горизонта. Поворачивая головку с помощью микрометрического винта *3* вокруг вертикальной оси, проверяют совпадение горизонтальной линии сетки с линией горизонта в секторе обзора. При невозможности произвести указанное выше совмещение при помощи уровня и подъемных винтов необходимо ослабить контргайку окуляра правого монокуляра и осторожно повернуть его на необходимый угол, после чего затянуть контргайку.

Перед каждым наблюдением проверяется правильность установки лимба в плоскости меридиана и правильность совмещения линии сетки с линией видимого горизонта.

При определении направления распространения волн волномер ориентируют перпендикулярно фронту волн (волны должны идти на наблюдателя) и производят по лимбу отсчет направления в градусах.

При измерении высот волн поступают следующим образом. Поворотом головки прибора вокруг вертикальной оси совмещают шкалу высот с буем и определяют на глаз число делений шкалы, умещающихся между вершиной и подошвой волны. Число делений умножают на цену деления и получают высоту волны. Измерения высот наиболее крупных волн производят в течение 5 мин, затем записывают в книжку наблюдений высоты пяти самых крупных волн и умножают их на коэффициент волномера с округлением до 0,1 м. Если высота волн менее $^1/_4$ м, то ее с помощью волномера не измеряют, а записывают как «$<$0,25 м».

При измерениях периода и длины волн волномер ориентируется так же, как и при определении направления распространения волн. С помощью секундомера измеряют промежуток времени между прохождением через буй или одно из горизонтальных делений сетки первой и одиннадцатой вершин подряд идущих волн. Измерения повторяют три раза, сумму трех промежутков времени делят на 30 и получают средний период волн с округлением до 0,1 с.

При измерении длины волн отсчитывают по шкале дальности количество делений, укладывающихся между вершинами двух смежных гребней волн. Длину волны вычисляют путем умножения количества делений на цену деления и последующего умножения на коэффициент волномера. Полученный результат

округляют до 1 м. Как правило, производят измерение длин пяти наиболее заметных волн, а затем вычисляют среднюю длину.

Результаты наблюдений над волнением с помощью волномера-перспектометра записывают в соответствующие графы книжки КГМ-1М.

7.3. Наблюдения над морским прибоем

На некоторых морских гидрометстанциях производятся наблюдения над прибойными волнами, которые имеют значительно более крутые склоны и более интенсивно разрушающиеся гребни. Эти наблюдения заключаются в определении следующих величин:

1) горизонтального расстояния от границы наибольшего наката волн до первой от берега прибойной волны (разбивающегося вала);

2) горизонтального расстояния от границы наибольшего наката волн до самой дальней от берега прибойной волны;

3) высоты и периода прибойных волн;

4) ширины наката;

5) высоты взбросов.

Наблюдения производятся в те же сроки, что и наблюдения над волнением, а их результат записывают в книжку КГМ-14.

Пункт наблюдений над прибоем закрепляется на берегу постоянным створом, для чего вблизи линии возможного максимального наката волн устанавливается первая веха (вбитая или забетонированная в грунт на 1,5—2 м свая, выступающая над поверхностью на 1 м). На расстоянии 25 м от первой вехи в сторону моря на линии, перпендикулярной урезу воды, устанавливается такая же вторая веха. Эти две вехи образуют створ, по линии которого ведутся наблюдения над прибоем. Для облегчения наблюдений на верхние концы вех могут устанавливаться деревянные шесты высотой 1,5—2 м. По линии створа через каждые 5 м забивают колья, по которым легко определить точки наката и отката морской волны.

В районе наблюдений над прибоем производят промеры глубин. Первый промер выполняют при организации наблюдений, а последующие контрольные промеры — после сильных штормов. Промеры производят по створу через каждые 5 м на участке первых 100 м от уреза воды и далее через 10—20 м. У приглубого берега промер осуществляют до глубины 10 м, а у отмелого — на расстояние не менее 500 м от берега. Промер необходимо выполнять в штилевую погоду. Схему расположения створа вех с данными промера глубин помещают в книжке наблюдений.

Наблюдения над морским прибоем производят следующим образом. Наблюдатель визуально определяет расстояние в метрах от первой вехи до ближайшего к берегу разбивающегося вала и до самого дальнего разбивающегося вала (рис. 40).

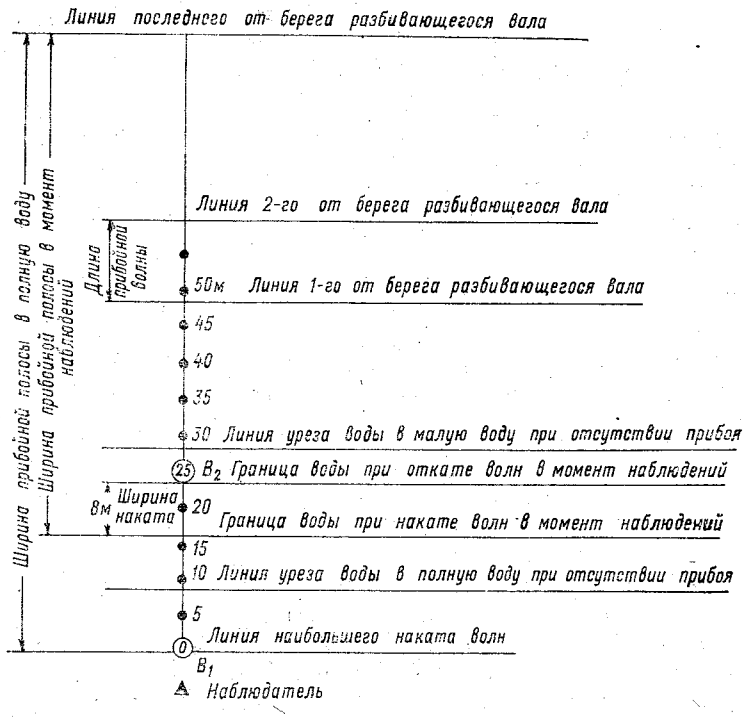


Рис. 40. Схема измерений при наблюдениях над морским прибоем.

Первое расстояние и будет горизонтальным расстоянием от границы наибольшего наката волн до первой от берега прибойной волны, а второе расстояние — горизонтальным расстоянием от границы наибольшего наката до последней от берега прибойной волны. Такие определения производят 5 раз.

Высоту наиболее крупных прибойных волн определяют визуально 5 раз с такой же точностью, как и высоту ветровых волн. Для наблюдений могут быть использованы волномерные вехи и рейки, установленные в зоне прибоя, а также волномер-перспектометр.

Период прибойных волн определяют путем измерения промежутка времени, в течение которого одиннадцать разбивающихся валов пройдут к береговой черте. Полученный промежуток времени делят на 10.

Ширину наката определяют как наибольшее расстояние в метрах от верхней границы воды, заливающей берег после опрокидывания вала, до нижней границы отката воды в море (рис. 40).

Высоту взбросов определяют визуально как вертикальное расстояние в метрах от поверхности воды до верхней точки вброса, за которую принимают верхнюю границу взброшенной воды, а не брызг.

7.4. Понятие о стереофотосъемке и аэрофотосъемке волн

Одним из точных и объективных методов измерения элементов волн является стереофотограмметрический метод, в основу которого положена особенность бинокулярного зрения, когда взволнованную поверхность моря синхронно фотографируют двумя одинаковыми фотоаппаратами из двух точек пространства. Стереофотосъемку производят как с судна, так и с самолета. С целью уменьшения воздействия корпуса судна на волны съемку выполняют на курсах, перпендикулярных фронту их распространения. Для съемки применяют топографические аэрофотоаппараты (АФА), состоящие из камеры, командного прибора, кассеты и соединительных кабелей.

Командный прибор позволяет автоматически управлять съемкой (снимать через определенные интервалы или получать одиночные снимки).

На судне АФА устанавливают на одной высоте на судовых надстройках или мачтах на расстоянии не более 50 м. После их установки тщательно измеряют высоты центров объективов АФА над ватерлинией и расстояние между ними (с точностью до 1 см). Для съемки используют высокочувствительную и высококонтрастную панхроматическую пленку.

Съемку волнения обычно производят сериями по 20—40 стереопар в зависимости от длины волн. Одновременно определяют направление распространения волн, измеряют их элементы (визуально или с помощью волнографов), а также направление и скорость ветра. При скорости ветра более 10 м/с съемку производят ежечасно с продолжительностью регистрации не менее 20 мин.

Заснятые фильмы обрабатывают в специальной фотолаборатории, а обработку стереопар выполняют на универсальном стереопланиграфе, который дает возможность получить план поверхности моря. Окончательные результаты съемки представляют в виде стереопланшетов рельефа взволнованной поверхности (горизонтали с сечением через 0,2—0,5 м) или в виде профилей волн.

Аэрофотосъемка волн позволяет одновременно производить наблюдения на больших площадях моря, особенно в районах трансформации, рефракции и интерференции волн. Наиболее простая плановая аэрофотосъемка дает возможность определить

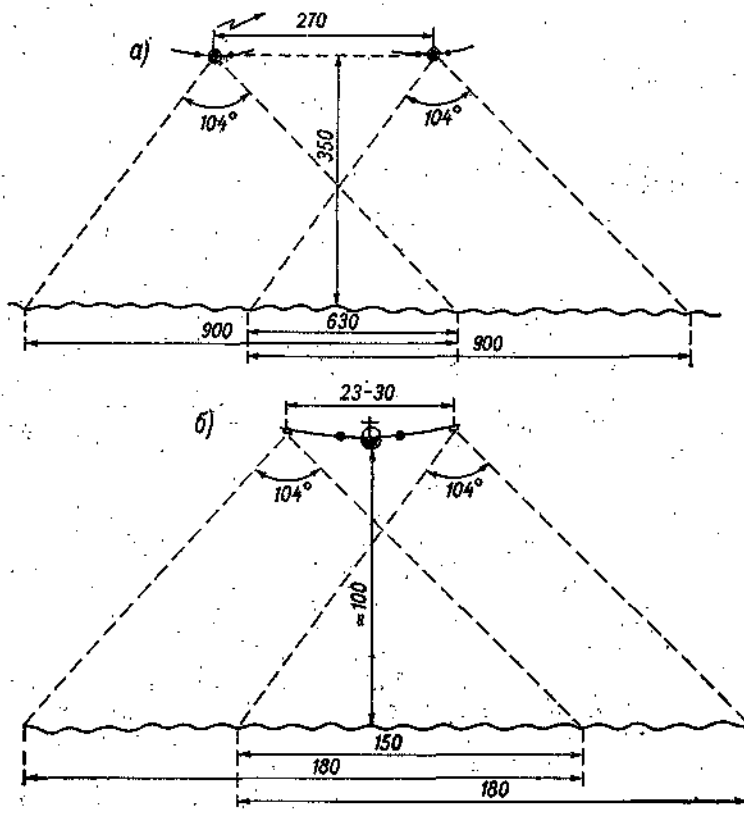


Рис. 41. Схема стереофотосъемки морского волнения.

а — с двух самолетов (масштаб съемки 1 : 5000); *б* — с одного самолета (масштаб съемки 1 : 1000).

по снимкам длину и направление распространения волн. Измерение всех параметров волн может быть получено с помощью стереофотосъемки двумя аппаратами, установленными в крыльях самолета (рис. 41 *б*). Для увеличения базы стереофотосъемку производят с двух самолетов (рис. 41 *а*), причем работа АФА осуществляется по радио при помощи радиосинхронизатора. В последнее время наибольшее распространение для аэрофотосъемки получили самолеты ИЛ-14.

Обычно аэрофотосъемка волн является частью общих исследований волнового режима моря и сопровождается измерениями элементов волн с судов и с берега. Координаты места самолета определяют при помощи береговых радиолокаторов (до 80—100 км) и радиогеодезических систем (до 300—400 км). Масштаб съемки и поперечное перекрытие снимков выбирает руководитель работ в зависимости от высоты нижней границы облаков, видимости и размеров волн.

Главным недостатком стереофотосъемки волн является сложность и трудоемкость обработки стереопар.

Вопросы и задания

1. Что представляют собой волномерные рейки и вехи?
2. Как устроен волномер-перспектометр?
3. Каково устройство перспективной сетки волномера?
4. Определите коэффициент волномера-перспектометра с сеткой, рассчитанной для высоты 10 м, если высота его установки над уровнем моря равна 7, 11 и 18 м.
5. Каким требованиям должен удовлетворять пункт береговых наблюдений за волнением моря?
6. Каковы сроки наблюдений за волнением с берега и с судна?
7. Как производится визуальное определение высот волн?
8. Как измеряется период волн?
9. В чем заключается установка волномера-перспектометра?
10. Как измеряются высоты волн с помощью волномера-перспектометра?
11. Как измеряются длины волн с помощью волномера-перспектометра?
12. Каков состав наблюдений за морским прибоем?
13. Что представляет собой стереофотограмметрический метод измерения элементов волн?
14. В каком виде представляются окончательные результаты стереофотосъемки волн?

Глава 8
НАБЛЮДЕНИЯ НАД ЛЕДЯНЫМ ПОКРОВОМ

8.1. Ледовый пункт

Для производства наблюдений над ледяным покровом с берега выбирают и оборудуют ледовый пункт, который должен удовлетворять следующим требованиям:

1) иметь наибольший сектор обзора в сторону открытого моря;

2) располагаться возможно выше над уровнем моря (не менее 15 м);

3) быть легко доступным для посещения в любую погоду;
4) отстоять не далее 200 м от береговой черты.

Обычно ледовый пункт представляет собой специально оборудованную вышку с площадкой, для защиты которой от ветра и осадков сооружают небольшой павильон. Стены павильона, обращенные к морю, обычно имеют окна с застекленными поднимающимися рамами. В районе ледового пункта выбирают постоянный створ, перпендикулярный береговой линии. Этот створ служит для измерения ширины припая. На ледовом пункте на прочном основании устанавливают теодолит или волномер-перспектометр, применяющиеся для измерения направлений и расстояний до наблюдаемых объектов (льдин и т. п.).

Высоту ледового пункта (высота оптической оси углодальномерного прибора) находят путем нивелировки высоты его основания над средним уровнем моря, а затем к ней прибавляют измеренное по отвесу превышение площадки пункта над его основанием.

Под дальностью видимого горизонта для ледового пункта понимают то расстояние, на котором при самых благоприятных условиях погоды и освещения линия горизонта видна стоящему на ледовом пункте наблюдателю. Дальность видимого горизонта в километрах вычисляют по формуле $Д = 3{,}85\sqrt{H}$, где H — высота ледового пункта над средним уровнем моря в метрах плюс 1,5 м (превышение глаза наблюдателя среднего роста над площадкой ледового пункта).

Ледовые наблюдения с судов производят при их плавании во льдах или при нахождении льда в пределах видимости с судна. В качестве ледового пункта на судах используют верхний мостик, высота которого над уровнем моря должна быть точно известна при данной осадке судна.

8.2. Приборы и оборудование для ледовых наблюдений с берега и с судна

Для определения дрейфа льда, а также измерения высоты торосов, размера льдин и разводий, расстояний до кромки льда на ледовых пунктах применяют волномеры-перспектометры и теодолиты.

Для измерения толщины льда применяют ледовые буры, пешни, сачки и другие инструменты. Действие ледового бура ГР-102 основано на врезании в толщу льда спирального сверла при вращательно-поступательном движении, сообщаемом буру ручкой с помощью коловорота. Бур состоит из спирального сверла и коловорота с патроном. Сверло изготовляется из поло-

совой стали и имеет закаленный нижний конец, режущие грани которого заточены по отношению к горизонтальной плоскости под углом 20—23° (наиболее благоприятный угол при бурении льда). Проверку углов заточки производят специальным шаблоном.

Ледомерная рейка представляет собой стальную полосу со шкалой, имеющей числовые отметки от 0 до 105 см через 10 см. На верхнем конце рейки насажена деревянная ручка с ограничительной планкой, предохраняющей рейку от случайного проскакивания в отверстие при измерении толщины льда. На нижнем конце рейки находится откидывающийся на пружине упорный рычаг с запорным устройством (крючок-защелка), запирающим пружину в положении, при котором рычаг располагается вдоль рейки. Верхний обрез упорного рычага при откинутом положении совпадает с нулевым делением рейки.

Для ручного бурения скважин во льду с одновременным получением керна-образца применяют бур ПИ-8, состоящий из режущей кольцеобразной части с острой нижней кромкой, штанги и коловорота, при вращении которого кольцо вращается по периметру скважины, а скапливающаяся на верхней площадке стружка удаляется поднятием бура.

Механизированный бур ГР-58 представляет собой установленный на санях агрегат, состоящий из бурового комплекса, электродрели и электродвигателя постоянного тока с бензиновым движком.

Для пробивки лунок во льду применяют пешню, состоящую из железного стержня с острым закаленным наконечником и деревянной рукоятки. Куски льда из лунки удаляют проволочным сачком, имеющим диаметр 25—30 см.

Толщину льда в пробитой лунке измеряют ледо-снегомерной рейкой ГР-31, состоящей из прямоугольного деревянного бруска и упорной планки-подкоса, жестко прикрепленной к нижнему концу бруска под углом 60°. Рейка и подкос скреплены металлической планкой. Рейка имеет двухстороннюю шкалу: для измерения толщины льда и высоты снежного покрова. Нулевое деление ледомерной шкалы и верхний край подкоса лежат в одной плоскости. От нулевого деления шкала продолжена вверх на 170 см и вниз на 30 см. Верхняя часть шкалы служит для измерения толщины льда и уровня воды в лунке в тех случаях, когда вода стоит выше нижней поверхности льда. Нижняя часть шкалы служит для измерения уровня воды в лунке в тех случаях. когда нижняя поверхность льда выше уровня воды в лунке. Снегомерная шкала имеет нулевое деление, совпадающее с верхним обрезом ледомерной рейки.

Для измерения слоя подледной шуги толщиной не более 4 м применяют шугомерную рейку — деревянный шест длиной около

5 м, на конце которого с помощью втулки с винтами закрепляют стальную вилку-наконечник, состоящую из двух плоских пальцев длиной по 40—50 см, расходящихся друг от друга под углом

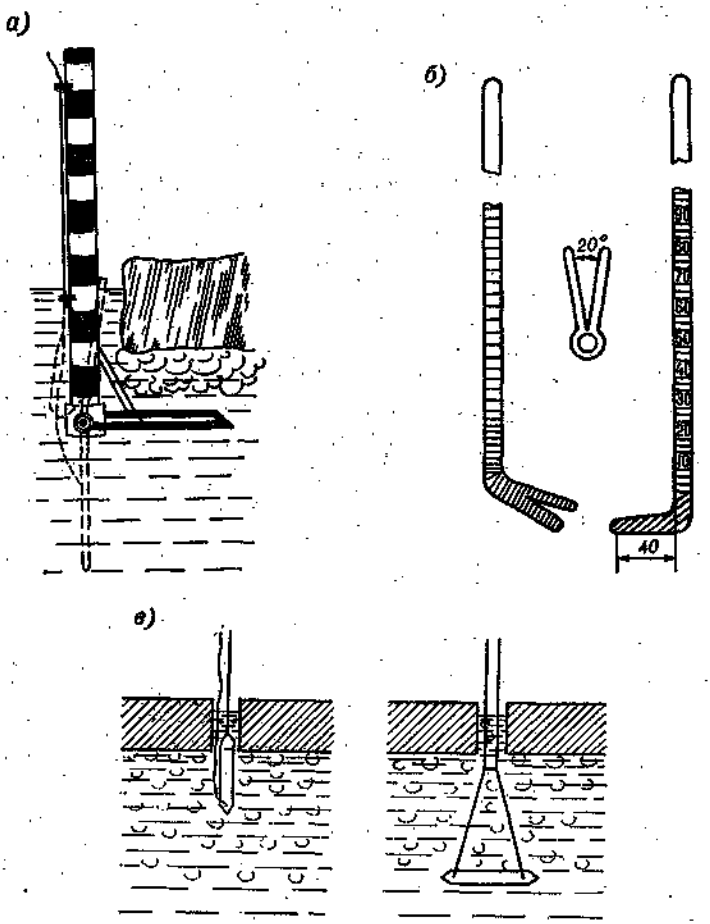


Рис. 42. Измерение шуги.
а — шест; *б* — рейка; *в* — планка.

20—30°. При толщине слоя шуги более 4 м применяют шугомерную планку длиной 100—150 см, шириной 10 см и толщиной 2—3 см (рис. 42). Заостренный конец планки позволяет пробивать слой шуги. На концах планки имеются отверстия, через которые пропущен размеченный трос. К одному из концов троса в 150 см от планки прикреплено кольцо, через которое проходит второй трос. Планку опускают в лунку вертикально, а затем

с помощью троса приводят в горизонтальное положение для отсчета.

При измерении толщины льда с судна применяют бинокль с измерительной сеткой, нанесенной вдоль горизонтального диаметра. Каждое большое деление сетки соответствует 0,01 расстояния от глаза до измеряемого предмета, а каждое малое деление — 0,005 этого расстояния. При измерении толщины льда и снега с судна этим расстоянием является высота глаза наблюдателя $H_г$. Толщину вычисляют по формуле $h=0{,}001nH_г$, где n — отсчет по сетке в тысячных долях $H_г$.

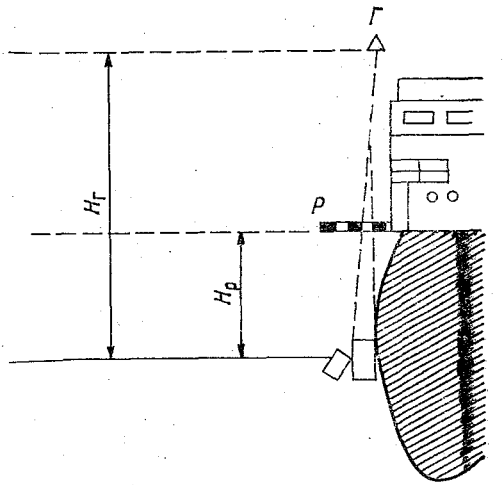


Рис. 43. Схема измерения толщины льда рейкой-выстрелом.

$H_г$ — высота глаза наблюдателя; $H_р$ — высота рейки.

В арктических морях для измерения толщины льда и снега применяли рейку-выстрел длиной до 100 см (рис. 43), которую укрепляли горизонтально и перпендикулярно к борту на уровне верхней палубы. На рейку-выстрел наносили деления, соответствующие одному дециметру измеряемой толщины. Деление рейки l равно $l=10(H_г—H_р)/H_г$ см, где $H_г$ — высота глаза наблюдателя, а $H_р$ — высота рейки.

Толщину льда также можно определять при помощи судового ледомера (рис. 44 *а*), состоящего из металлической штанги *1* длиной 60 см. На ее конце укрепляют кронштейн *2* с короткой трубкой *3*, ось которой параллельна штанге. По штанге передвигается хомутик *4* со стопорным винтом *5* и металлической рамкой *6* со вставленной в нее плексигласовой пластинкой. На пластинке нанесена прямоугольная сетка с делениями через 2 см. Деления имеются также и на штанге, причем нуль этой шкалы совпадает с верхним концом трубы. Принцип измерения толщины льда основан на решении подобных треугольников (рис. 44 *б*), у которых большими катетами являются расстояние от глаза наблюдателя до ставшей на ребро льдины у борта судна (AC) и расстояние от глаза до рамки (AB), а малыми катетами — измеряемая толщина (CE) и ее проекция на сетку (BD). При этом $CE=AC\cdot BD/AB$. Высота глаза (AC) зависит от осадки судна.

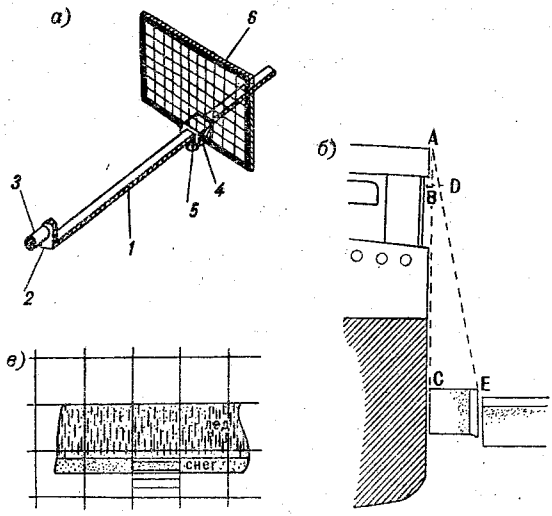


Рис. 44. Судовой ледомер.

а — общий вид; *б* — схема наблюдений.
1 — металлическая штанга; *2* — кронштейн; *3* — короткая трубка; *4* — подвижной хомутик; *5* — стопорный винт; *6* — рамка с сеткой.

8.3. Основные наблюдения над ледяным покровом с берега

Наблюдения над ледяным покровом с берега начинают со дня первого появления льда в районе ледового пункта и продолжают до окончательного очищения моря от льда.

Наблюдения выполняют ежедневно в 8—9 ч местного декретного времени. По мере сокращения светлого времени суток срок переносят ближе к местному полдню.

Береговые ледовые наблюдения подразделяются на основные и дополнительные. К основным наблюдениям относятся:

1) определение дальности видимости поверхности моря;
2) определение положения кромки и измерение ширины припая;
3) определение положения кромки дрейфующих льдов;
4) определение количества неподвижного льда;
5) определение количества дрейфующего льда;
6) определение количества чистой воды;
7) определение сплоченности дрейфующего льда;
8) определение возрастного вида припая и дрейфующего льда;

9) определение форм дрейфующего льда;
10) определение торосистости припая и дрейфующего льда;
11) определение разрушенности припая и дрейфующего льда;
12) определение заснеженности припая, загрязненности припая и дрейфующего льда, сжатости дрейфующего льда;
13) определение направления и скорости дрейфа льда;
14) измерение толщины льда, высоты и плотности снега на льду;
15) зарисовка ледовой обстановки;
16) определение добавочных характеристик ледовой обстановки.

В начале наблюдений определяют *дальность видимости поверхности моря* (предельное расстояние, на котором наблюдатель при данных атмосферных условиях и освещении видит поверхность моря с ледового пункта в данный момент). Дальность видимости поверхности моря определяют в направлении, перпендикулярном береговой черте, и оценивают при плохой видимости в десятых долях километра, а при хорошей видимости — в километрах. Видимость определяют визуально или с помощью различных дальномеров. Если из-за тумана, снегопада или метели видимость составляет менее половины дальности видимого горизонта, а на полярных станциях менее $^1/_3$, наблюдения над ледяным покровом выполняют в последующие сроки, но не позднее 15 ч тех же суток, когда видимость увеличится в 1,5—2 раза.

После определения видимости при наличии неподвижного льда (припая) определяют положение его кромки и измеряют ширину припая по створу. На кромке припая выбирают характерные точки ее изгибов и определяют направление и расстояние до них с помощью волномера-перспектометра, теодолита или углодальномера. Затем эти точки наносят на карту-бланк (рис. 45) и соединяют толстой сплошной линией. Ширину припая по постоянному створу, ее максимальное и минимальное значения снимают с карты-бланка. Если кромка плавучего льда выражена четко, ее определяют таким же способом, как и кромку припая.

Затем приступают к определению количества неподвижного, дрейфующего льда и чистой воды (по 11-бальным шкалам).

Количеством неподвижного льда называется отношение площади неподвижных льдов ко всей видимой площади моря, выраженное в десятках процентов. Так, например, оценка в 5 баллов указывает, что 50 % видимой поверхности моря покрыто неподвижным льдом (припаем). Количество припая, превышающее 0,5 балла, приравнивается 1 баллу, равное 0,5 или менее —

отмечается 0 *. Количество припая, превышающее 9,5 балла, но не достигающее 10 баллов, оценивается 10 баллами.

Количеством дрейфующего льда называется отношение площади всех дрейфующих льдов, включая первичные формы, но исключая промежутки между льдинами, ко всей видимой пло-

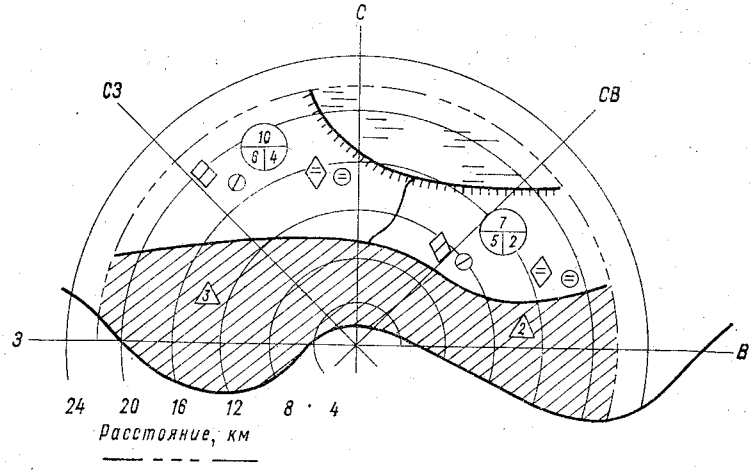


Рис. 45. Ледовая карта-бланк.

щади моря. При наличии припая и дрейфующего льда общее количество льда не может превышать 10 баллов.

Количеством чистой воды называется отношение площади, занятой чистой водой, ко всей видимой поверхности моря, выраженное в десятках процентов. Чистой водой считают большие пространства (площадью более 0,5 балла), свободные ото льда. К чистой воде не относятся проталины, промоины, снежницы. При наличии чистой воды и единичных льдин, отмеченных в пределах видимости с ледового пункта, записывают 10 баллов с соответствующим примечанием и указанием румба, в котором с ледового пункта видна чистая вода.

Сплоченность дрейфующего льда представляет собой отношение площади льдин в зоне, где они распределены сравнительно равномерно, к общей площади этой зоны, выраженное в десятых долях (баллах). Сплоченность определяется визуально по шкале, приведенной в табл. 9.

При неравномерном распределении дрейфующего льда на поверхности моря сплоченность определяют в различных секторах горизонта (по восьми румбам: С—СВ, СВ—В, . . ., СЗ—С).

Таблица 9

Шкала сплоченности (густоты) льдов

Балл	Характеристика сплоченности
0	Лед отсутствует или имеются отдельные льдины
1, 2, 3	Редкий лед
4, 5, 6	Разреженный лед, большинство льдин не соприкасается друг с другом
7, 8	Сплоченный лед, большинство льдин соприкасается друг с другом
9	Очень сплоченный лед
10	Сплошной дрейфующий лед

Поскольку льды в море обычно распределяются неравномерно, допускается указание пределов, в которых оценивается сплоченность (например, 2—3 балла). В книжку наблюдений записывают наибольший, наименьший и средний баллы сплоченности на всем видимом пространстве.

Для определения сплоченности можно использовать также графическую шкалу.

После определения количественных показателей ледового покрова определяют возрастной вид припая (нилас, серый, серо-белый и т. д.) и формы неподвижного льда (ледяной заберег, подошва припая, стояк, стамуха и т. д.) в соответствии с «Номенклатурой морских льдов...», введенной в СССР с марта 1974 г., а также «Атласом ледовых образований», 1974 г.

Если припай состоит из нескольких видов льда, то запись начинают с преобладающего вида льда. Возрастные характеристики и формы дрейфующего льда определяют на всем видимом пространстве моря. Различают *начальные виды льдов* (ледяные иглы, ледяное сало, снежура, шуга), *нилас, блинчатый лед, молодые льды* (серый и серо-белый лед), *однолетние льды* (тонкий однолетний — белый, однолетний лед средней толщины, толстый однолетний), *старые льды* (остаточный однолетний, двухлетний и многолетний).

По формам различают *ледяные поля* (гигантские, обширные, большие поля и обломки полей), *крупнобитый и мелкобитый лед, тертый лед, несяки, сморозь* и *ледяную кашу.*

При наличии нескольких возрастных видов и форм дрейфующих льдов отмечают только три вида, занимающие наибольшие площади.

При определении *торосистости* (степень покрытия поверхности льда торосами) пользуются шкалой (табл. 10):

Таблица 10

Шкала торосистости льда

Балл	Характер поверхности ледяного покрова	Площадь, покрытая торосами, в % к наблюдаемой площади (в среднем)
0	Ровный лед	0
1	Редкие торосы на ровном льду	10
2	Ровный, частично торосистый	30
3	Лед средней торосистости	50
4	Лед торосистый, местами ровный	70
5	Сплошь торосистый	90

Различают грядовую и беспорядочную торосистость, пояс торосов и барьер торосов.

Под *разрушенностью льда* понимается степень разрушения льда в процессе таяния. Для оценки разрушенности пользуются шкалой, приведенной в табл. 11.

Таблица 11

Шкала разрушенности льда

Балл	Характеристика
0	Полное отсутствие внешних признаков таяния
1	На поверхности льда наблюдаются отдельные снежницы в виде темных пятен на снегу и луж
2	Снежницы распространены по всей поверхности льда, появляются озерки, а местами — водяные забереги
3	Озерки распространены по всей поверхности льда, появляются проталины, торосы сглажены, и льдины приобретают округлую форму
4	Проталины и промоины распространены по всей поверхности льда
5	Льдины распадаются на мелкие куски, сильно пропитанные водой и глубоко сидящие в воде

Наблюдения над разрушенностью льда начинают с весеннего таяния и производят до окончательного разрушения льда или начала устойчивого ледообразования.

В зимний период, с момента устойчивого образования припая до начала таяния, определяют *заснеженность* припая с помощью табл. 12.

Таблица 12

Шкала заснеженности припая

Балл	Характеристика
0	Бесснежный лед
1	Тонкий равномерный снежный покров до 5 см или его чередование с участками оголенного льда, составляющими 30—70 % площади
2	Снежный покров высотой от 5 до 20 см с небольшими застругами и надувами без пятен оголенного льда или снежный покров с резко выраженными застругами, надувами и участками оголенного льда, составляющими 10—30 % площади
3	Значительный снежный покров более 20 см, без пятен оголенного льда, с большими надувами

В течение всего ледяного периода отмечается *загрязненность припая* и *дрейфующего льда* по внешним признакам. Степень загрязненности оценивают по специальной шкале (табл. 13).

Таблица 13

Шкала загрязненности льда

Балл	Количество загрязненного льда, % к площади льда
0	Лед чистый, на его поверхности нет примесей
1	Незначительная загрязненность (10—40 %)
2	Средняя загрязненность (40—70 %)
3	Лед сплошь грязный (70—100 %)

Сжатость дрейфующих льдов определяют только для льдов сплоченностью не менее 9—10 баллов и возрастом не моложе серых льдов. Сжатие льдов выражается в баллах (слабое сжатие — 1 балл, значительное сжатие — 2 балла, сильное сплошное сжатие — 3 балла).

Направление и *скорость дрейфа льда* определяют обычно с помощью волномера-перспектометра или теодолита. Наибольшей точностью отличаются базисные теодолитные наблюдения (длина базиса должна быть не менее 1 км).

При наблюдениях выбирают 2—3 льдины, находящиеся на различном удалении от берега. Одновременное наблюдение за дрейфом нескольких льдин значительно сокращает общую продолжительность наблюдений и позволяет оценить дрейф льда на различных расстояниях от берега.

Продолжительность наблюдений зависит от скорости перемещения льдины. Рекомендуется наблюдения продолжать до тех пор, пока расстояние до льдины уменьшится или увеличится в 1,5—2 раза или направление на льдину изменится не менее чем на 30°. При медленном дрейфе местоположение льдины определяют через пятиминутные интервалы в течение 25 мин. В морях с приливами наблюдения над дрейфом льдин выполняют непрерывно в течение 13 или 25 ч, чтобы охватить весь полусуточный или суточный приливный цикл. При каждом наблюдении записывают возраст и размеры льдины, а также сплоченность, торосистость и другие характеристики ледовой обстановки в районе наблюдений.

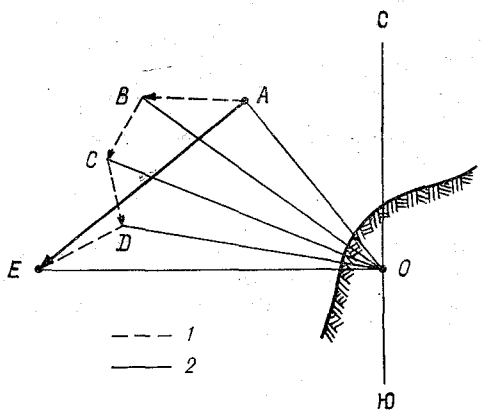


Рис. 46. Определение дрейфа льда.
1 — фактический дрейф; *2* — генеральный дрейф.

Результаты наблюдений записывают в книжки КГМ-4 и затем обрабатывают. Обработка заключается в нанесении на бланковую карту или лист бумаги местоположения углодальномерного прибора (точка *О* на рис. 46). Затем с помощью транспортира наносят направления на выбранную льдину от точки *О*, на каждом из направлений откладывают в определенном масштабе расстояние от точки *О* до льдины (точки *А*, *В*, *С* и т. д.). Ломаная линия *АБСДЕ* и дает представление о дрейфе льдины.

Обычно вычисляют скорость и направление генерального дрейфа. Для этого соединяют первую и последнюю точки дрейфа льдины (*АЕ*) и измеряют расстояние между ними в метрах. Разделив это расстояние на промежуток времени (в секундах) между первым и последним наблюдениями, получают скорость генерального дрейфа (в метрах в секунду). Направление дрейфа определяют с помощью транспортира с точностью до 1° и отсчитывают по ходу часовой стрелки от северного конца меридиана. При работе с помощью теодолита расстояние до льдины (*Д*) вычисляют по формуле $Д = H\operatorname{ctg}\alpha$, где H — высота теодолита над уровнем моря, α — измеренный вертикальный угол. Для обработки результатов наблюдений над дрейфом льда могут применяться различные векторные круги.

При базисных теодолитных наблюдениях на бланковой карте или листе бумаги из обоих пунктов произвольными радиусами проводят окружности, разделенные на градусы (рис. 47). Места пересечения двух азимутов дадут местоположение льдины в определенный момент.

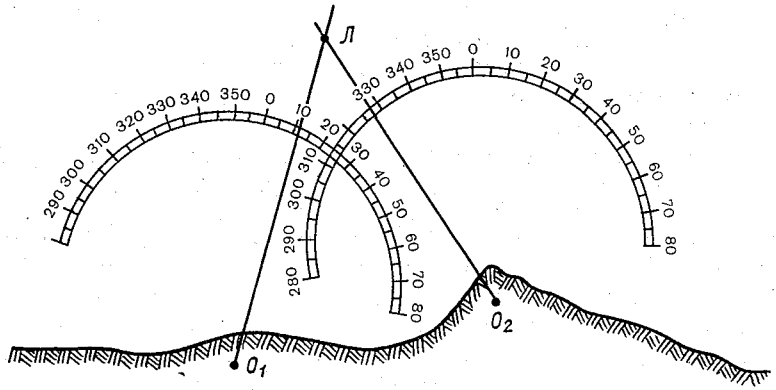


Рис. 47. Определение положения льдины с берега из двух пунктов.
O_1, O_2 — местоположение теодолитов; *Л* — местоположение льдины.

Толщину льда, высоту и *плотность снежного покрова на льду* измеряют при установившемся ледяном покрове в различные периоды ледового сезона в соответствии с табл. 14.

Измерения производят на двух постоянных участках (основном и дополнительном) на припае, где обычно отсутствует наслоение и торошение льда, нет сильных течений и влияния бере-

Таблица 14

Сроки измерения толщины льда и высоты снега на льду

Условия	Арктические моря	Моря умеренной зоны
При толщине льда (см):		
до 20	Ежедневно	Ежедневно
от 20 до 50	Через день и в последний день месяца	5, 10, 15, 20, 25-го числа и в последний день месяца
от 50 до 100	5, 10, 15, 20, 25-го числа и в последний день месяца	10, 20-го числа и в последний день месяца
свыше 100	10, 20-го числа и в последний день месяца	То же
С момента начала весеннего таяния	Ежедневно	Ежедневно

гового стока. Основной участок выбирают в некотором удалении от берега, где глубина моря превышает 2 м. Дополнительный участок выбирают вблизи берега на глубине, превышающей возможную максимальную толщину льда. На этом участке измерения производят с момента образования припая (при условии совершенно безопасного выхода на лед) и до тех пор, пока не начнутся систематические наблюдения на основном участке (10—15 дней необходимо выполнять одновременные измерения на обоих участках). Весной измерения на дополнительном участке возобновляют.

Толщину льда измеряют следующим образом. При работе с ледовым буром просверливают 2—3 лунки на расстоянии 10—15 м одна от другой. За толщину льда в пункте измерения принимают среднее из значений толщины льда в каждой из лунок с округлением до 1 см. Рейку опускают в лунку так, чтобы откинутый с крючка рычаг своим внешним концом скользил по стенкам лунки. Как только рычаг пройдет нижнюю поверхность льда, он примет горизонтальное положение и при подъеме упрется в нижнюю поверхность льда. При отсчетах по рейке вплотную к ней на поверхность льда кладут ровную пластину и против ее нижнего края производят отсчет (2—3 отсчета при разных положениях рычага рейки в лунке). Также измеряют глубину погружения льда (осадку льда) по уровню воды в лунке.

При измерении толщины льда в лунке, пробитой пешней, поступают следующим образом. Очищают от снега площадку 1—1,5 м^2 и пробивают круглую или прямоугольную лунку такого размера, чтобы в нее вошла ледомерная рейка. При значительной толщине льда лунку пробивают со ступеньками. Подкос рейки подводят под нижнюю поверхность льда так, чтобы верхний срез подкоса плотно соприкасался с ней. Отсчет производят против нижней поверхности вспомогательной планки, укладываемой поперек лунки (измерения производят по четырем направлениям, а за толщину принимают средний из всех отсчетов). По окончании измерения толщины льда в лунке измеряют глубину моря.

Если при прорубании лунки на поверхность воды всплывают комки шуги, измеряют толщину ее слоя. Для этого в лунку опускают шугомерную рейку (или шугомерную планку), которую медленно поднимают до момента соприкосновения вилки (планки) с нижней поверхностью шуги, и производят отсчет.

Высоту снежного покрова измеряют на ненарушенном пространстве вблизи лунки в 3—4 местах, удаленных друг от друга на расстояние 5—10 м. Среднее значение из всех отсчетов принимают за высоту снежного покрова в месте измерения толщины льда.

Для определения плотности снега применяют походный весовой снегомер.

После измерений лунки засыпают льдом и в них вмораживают специальные вешки.

Ежедневно сначала на планшете, а затем на карте-бланке производят зарисовку ледовой обстановки. Карта-бланк представляет собой крупномасштабный план района наблюдений с нанесенной береговой линией (рис. 45), местом ледового пункта, искусственными ориентирами, местоположением створа. На карте-бланке проводят дугу с радиусом, равным дальности видимого горизонта с центром в ледовом пункте. В начале наблюдений наносят границу видимости поверхности моря, а затем — кромку припая и границы между припаем разных возрастных видов. Также наносят кромки дрейфующих льдов и контуры участков чистой воды. Различные формы льда изображают условными обозначениями, причем частота их зависит от сплоченности льда, обозначаемой в баллах соответствующей цифрой в кружке, который проставляется в середине данного участка. С помощью условных обозначений на карту наносят торосы, проталины, промоины и другие особенности ледяного покрова.

К добавочным характеристикам ледовой обстановки относятся:

1) изменения, происходящие в ледовой обстановке (образование, появление или исчезновение отдельных форм льда, торосов, каналов, разводий и т. п.);

2) начало и конец навигации по чистой воде, плавание судов и ледоколов;

3) открытие и закрытие ледовых дорог и переправ, начало и конец подледного лова рыбы и промысла морского зверя и пр.

8.4. Дополнительные (специальные) ледовые наблюдения

К дополнительным (специальным) ледовым наблюдениям относятся следующие наблюдения:

1) профильные ледовые наблюдения и маршрутные съемки;
2) наблюдения над стаиванием снега и льда;
3) определение видимого строения льда;
4) взятие образцов льда для лабораторных исследований;
5) определение преобладающих размеров дрейфующих льдин и высоты торосов.

Профильные ледовые и маршрутные съемки производят для систематического изучения состояния припая в зависимости от гидрометеорологических условий в определенные сроки. При

выполнении этих работ необходимо строго соблюдать правила техники безопасности при работах на льду.

Ледовые профили прокладывают на местности в соответствии с утвержденными схемами. Для переноса точек начала профиля с плана на местность используют имеющиеся на плане приметные пункты, прокладку самого профиля на местности производят с помощью теодолита и вех, при этом конечную точку профиля определяют путем откладывания по провешенному направлению расстояния, равного длине профиля на плане. Для закрепления профиля на берегу выставляют постоянные створные знаки.

На профиле выполняют следующие наблюдения:

1) измерение толщины льда (количество лунок на профиле зависит от общей его длины и изменчивости толщины ледяного покрова);

2) измерение высоты снежного покрова (у каждой лунки в радиусе 3—5 шагов) и плотности (на профилях длиной до 3 км плотность измеряется в их начале, середине и конце);

3) описание характера поверхности ледяного покрова (общий характер поверхности, высота торосов, наличие снежниц, проталин и др.).

Морские гидрометеорологические станции на арктических морях выполняют наблюдения на двух профилях протяженностью по 500 м. На каждом профиле измерения толщины льда производят в пяти точках (через 100 м). Один профиль прокладывают в створе постоянного пункта наблюдений над толщиной льда, а второй — перпендикулярно ему, на расстоянии 100—300 м от берега.

Кроме профильных наблюдений, в арктических морях выполняют маршрутные съемки поверхности ледяного покрова для получения сведений о состоянии припая. В их состав входят измерения толщины льда на характерных участках, высоты и площади торосов, ширины приливных трещин, размеров полыней и промоин и др.

Маршрутные съемки проводят перед началом и по окончании полярной ночи, а также за 10—15 дней до взлома припая. При их выполнении могут использоваться вездеходы и автомобили.

Ранней весной производят наблюдения над стаиванием снега и льда. Вначале их выполняют раз в 3—5 дней, а затем — ежедневно. Для наблюдений используют Г-образные рейки (рис. 48), вмораживаемые в лед (лунки для реек высверливают с помощью ледового бура). При измерении к горизонтальному откосу рейки приставляют снегомерную рейку, по которой производят отсчеты расстояний (в сантиметрах) от поверхности снега (m) и от поверхности льда (n) до верхнего края горизонтального откоса.

Разница в отсчетах между сроками составит стаивание снега и льда.

По специальному указанию могут также производиться наблюдения над температурой снега и льда вблизи (6—10 м) одной из постоянных точек измерения толщины льда (5, 10, 15, 20, 25-го числа и в последний день месяца). Для наблюдений обычно используют установку для измерения температуры почвы М-54-2, электротермометры которой крепят на одной деревянной рейке с сантиметровыми делениями, вмороженной вертикально в лед (термометры располагают на горизонтах 0, 25, 50, 100, 150, 200, 250 см от поверхности льда).

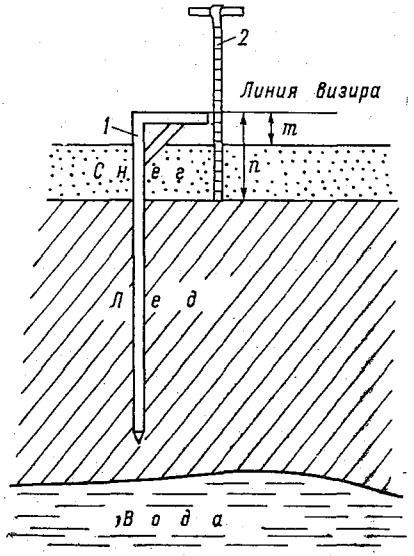


Рис. 48. Определение положения поверхности снега и льда по Г-образной рейке.

1 — Г-образная рейка; *2* — снегомерная рейка.

Визуальные наблюдения над строением льда производят на специальной площадке на припае после ледостава, в период наибольшей толщины льда и несколько раз во время таяния. Для таких наблюдений с помощью пешни или кольцевого бура добывают монолиты льда («кабаны»). Наблюдения производят на фоне темного предмета при боковом освещении с использованием лупы, линейки и циркуля-измерителя. При описании определяют прозрачность отдельных слоев, наличие во льду воздушных и солевых включений (их форма, размер и характер распределения). Описание сопровождается схематической зарисовкой строения льда в масштабе 1:5 (при толщине льда более 1 м в масштабе 1:10). Каждому слою на схеме дают краткую характеристику.

Взятые с помощью кольцевого бура образцы льда помещают в полевую испытательную машину для определения прочности льда на изгиб, что представляет интерес для уточнения грузоподъемности льда.

Из очищенного от снега «кабана» выпиливают отдельные образцы высотой 5—10 см, которые помещают в банки с притертыми пробками и отправляют в лабораторию для различных исследований.

Для определения преобладающих размеров льдин и измерения высоты торосов применяют волномер-перспектометр. При определении размеров льдин выбирают на различном удалении от ледового пункта десять преобладающих по размеру льдин, а также три наибольших льдины. Измерения производят по шкале дальности волномера, делая отсчеты на ближний и дальний концы льдины. Разность между отсчетами умножают на коэффициент волномера. По результатам измерений размеров десяти льдин вычисляют среднее значение.

Высоту торосов измеряют по шкале высот волномера. Измеряют высоту наибольшего тороса и среднее значение из десяти высот средних торосов. Количество делений шкалы высот от основания до вершины тороса умножают на цену деления шкалы и на коэффициент волномера.

8.5. Судовые наблюдения над ледяным покровом

Состав судовых наблюдений надо льдом различается в зависимости от того, находится ли судно на ходу, в дрейфе или на якоре. На ходу судна производят следующие наблюдения:

1) определение вида и форм льда;

2) определение количества припая и дрейфующего льда, а также сплоченности дрейфующего льда;

3) измерение толщины льда и снега на нем (с борта судна);

4) определение торосистости и высоты торосов;

5) определение сжатий и разрежений льда, степени его разрушенности и условия плавания во льдах.

При плавании вблизи кромки льда определяют ее пеленг, расстояние до кромки и ее ориентацию. С судна, находящегося в дрейфе или на якоре среди льдов, производят все вышеперечисленные наблюдения, за исключением пункта 3 (если не возможен безопасный выход на лед), однако дополнительно определяют направление и скорость дрейфа льда.

Ледовые наблюдения производят непрерывно, но если ледовая обстановка не изменяется, то сроки наблюдений приурочивают к 00, 06, 12, 18 ч по гринвичскому времени. При стоянке судна в неподвижном льду наблюдения ведут раз в сутки.

При определении вида и формы льда, как и при береговых наблюдениях, пользуются «Атласом ледовых образований» и «Номенклатурой морских льдов», 1974 г.

С целью более точной оценки сплоченности льда рекомендуется следующий метод: бросают взгляд назад на лед, который был уже пройден судном и сплоченность которого определялась с близкого расстояния. Кажущуюся сплоченность этого льда сравнивают со сплоченностью по остальным направлениям.

В водах Антарктики определяют сплоченность айсбергов с помощью шкалы (табл. 15):

Таблица 15

Шкала сплоченности айсбергов

Балл	Количество айсбергов на 1000 км² (в зоне радиусом 20 км)	Среднее расстояние между айсбергами, км
0	—	—
1	Менее 1	Более 150—200
2	1—2	30—150
3	3—4	20—30
4	5—8	15—20
5	9—16	10—15
6	17—44	6—10
7	Более 44	2—6
8	—	1—2
9	—	Менее 1

Для измерения высоты торосов применяют бинокль с измерительной сеткой. При этом расстояния до торосов измеряют дальномером или с помощью судового радиолокатора. Расчет высоты производят по формуле $h=0{,}001nl$, где h — высота тороса, n — отсчет по сетке в тысячных долях l, l — расстояние до тороса.

Толщину льда на ходу судна измеряют по становящимся на ребро у бортов судна льдинам. При этом пропитанный водой снег обычно не скатывается со льдин. Измерения, как правило, производятся в достаточно сплоченном льду (оценивается толщина не менее 10 льдин). При измерениях толщины льда с помощью бинокля находящийся на крыле мостика наблюдатель выбирает впереди льдину, направляя бинокль так, чтобы одно из делений сетки точно совпало бы с поверхностью измеряемой льдины. По мере движения судна вперед льдина приближается, отсчет сначала увеличивается, а затем уменьшается. Толщину льдины определяют по максимальному отсчету.

При использовании рейки-выстрела (рис. 43) наблюдатель располагается на крыле мостика точно над выстрелом и ожидает, пока вставшая на ребро льдина не окажется под выстрелом, после чего производит отсчет. Для наблюдений также можно использовать и судовой ледомер (рис. 44).

При измерении толщины льда вышеперечисленными методами необходимо точно знать высоту глаза наблюдателя над поверхностью воды.

Наблюдения над дрейфом льда на морях без приливов производят через каждые 4—6 ч, а на морях с приливами — ежечасно в течение лунных суток или полусуток.

В случае дрейфа льда вдоль диаметральной плоскости стоящего на якоре судна скорость дрейфа определяют по времени движения льда на длину корпуса судна. Когда лед дрейфует под некоторым углом к диаметральной плоскости судна, требуется несколько раз (не менее двух) определить положение приметной льдины с помощью дальномера и пеленгатора, а затем нанести его на миллиметровую бумагу. Угол между истинным меридианом и линией, соединяющей два положения льдины, даст направление дрейфа. Скорость дрейфа определяют путем деления пройденного льдиной расстояния на промежуток времени между моментами наблюдений.

Вычисления можно производить также с помощью векторного круга (ветрочета).

При наблюдениях над дрейфом льда с дрейфующего судна могут иметь место два случая: 1) когда судно дрейфует с той же скоростью и в том же направлении, что и лед; 2) когда судно дрейфует с иной скоростью или в другом направлении, чем лед. В первом случае достаточно определить дрейф судна, а во втором приходится определять раздельно дрейф судна относительно берега или дна моря и кажущийся дрейф льда относительно судна.

При наблюдениях над дрейфом льда обязательно производят измерения направления и скорости ветра.

Наблюдения над сжатиями и разрежениями льда производят визуально с помощью специальной шкалы. Проходимость льдов оценивают по следующим признакам:

1) идет ли судно самостоятельно, под проводкой или на буксире у ледокола;

2) идет ли судно, лавируя между льдинами, раздвигая льдины, или же оно взламывает лед;

3) работает ли судно ударами и часто ли к ним прибегает;

4) если судно идет в составе каравана, то из скольких судов он состоит, какую дистанцию удается держать между судами и как успешно караван продвигается.

Для оценки проходимости льда важно знать скорость судна во льдах, которую выражают в процентах от скорости по чистой воде при том же режиме работы (полный, средний или малый ход). По перечисленным данным определяют проходимость льдов в баллах по специальной шкале.

При выполнении ледовых наблюдений полезно осуществлять фотографирование ледовых объектов, для чего необходимо точно знать высоту объектива над поверхностью воды и его фокусное расстояние.

Результаты судовых ледовых наблюдений наносят на бланковые карты с помощью условных обозначений.

8.6. Наблюдения над ледяным покровом с помощью аэрометодов

Авиационные наблюдения в настоящее время являются (наряду с искусственными спутниками Земли) основным видом наблюдений над ледяным покровом, так как позволяют в короткое время заснять состояние и распределение льдов на обширной акватории, включающей районы, которые недоступны для береговых и судовых наблюдений.

В зависимости от задач ледовые авиационные наблюдения подразделяются на научно-производственные (основная задача — регулярное получение сведений о состоянии и распределении льдов) и оперативные (предназначены для отыскания наиболее удобных путей для судов во льдах). Ледовые авианаблюдения могут выполняться визуально, с применением угломерных перспективно-масштабных приборов, путем аэрофотосъемки и с помощью самолетных радиолокаторов, которые дают возможность производить наблюдения в темное время суток, при тумане, снегопаде или низкой облачности.

При авиационных наблюдениях определяют следующие характеристики ледовой обстановки:

1) распределение льдов, положение кромок припая и дрейфующих льдов, размеры наиболее крупных льдин или скоплений льдов;

2) сплоченность дрейфующих льдов;

3) вид и форму льдов;

4) состояние ледяного покрова (торосистость, разрушенность и др.);

5) дрейф льдов;

6) дополнительные элементы ледовой обстановки;

7) метеорологические элементы, характеризующие условия полета и условия видимости поверхности моря (видимость, облачность, атмосферные явления).

Особое значение имеет определение местоположения самолета во время выполнения наблюдений, так как линия его полета является базисом, относительно которого ведется съемка ледовой обстановки в море.

С целью повышения точности определения местоположения льдин, их размеров и сплоченности на самолетах применяется перспективно-масштабный прибор — механический визир с масштабной перспективной сеткой.

При наблюдениях над дрейфом льда выбирают приметные льдины, местоположение которых определяют при первом и повторном заходах самолета в исследуемый район моря.

Для решения ряда задач (изучение дрейфа льда, деформации и разрушения ледяного покрова и др.) применяется аэрофотосъемка льдов, подразделяющаяся по характеру фотографирования на выборочную (фотографирование небольших характерных участков), маршрутную (применяется для съемки узких полос местности с перекрытием снимков) и площадную (фотографирование значительных площадей, сплошь покрываемых серией параллельных маршрутов).

Основным требованием, предъявляемым к аэрофотосъемке льдов, является получение четких снимков заданного масштаба, для чего необходимо точное определение высоты полета самолета. При дешифровке аэрофотоснимков используются прямые и косвенные демаскирующие признаки различных ледовых объектов.

Результаты авиаразведки льдов наносятся на полетную (маршрутную) карту, на которую помещают:

1) линии маршрута самолета со стрелками, указывающими направление полета;

2) границы видимости в стороны от маршрута;

3) скорость и направление наземного ветра;

4) местоположение, название и время наблюдения встречных судов;

5) характеризующие ледяной покров элементы.

После завершения авиаразведки, если позволяет частота галсов, производится интерполяция ледовых границ между маршрутами и составляется оперативная ледовая карта в черно-белом (для передачи по фототелеграфу) или в цветном изображении в соответствии с условными обозначениями («Номенклатура морских льдов. Условные обозначения для морских карт», 1974 г.)*. Для оперативных карт используют бланковые карты масштаба 1 : 200 000—1 : 3 000 000. На основе этих карт, а также данных береговых станций, судов и искусственных спутников Земли составляют обзорные карты, на которых исключают менее существенные характеристики ледяного покрова (загрязненность, заснеженность, сжатость и др.). На картах могут выделяться зоны различной сплоченности льдов и зоны одинакового возрастного состава льдов.

Важной ледовой информацией по районам, где авиационные наблюдения не производятся, являются ледовые карты, соста-

* По результатам ледовой разведки после ее завершения дополнительно составляют оперативные телеграммы по определенной структуре и по имеющимся каналам связи отправляются в адреса заинтересованных организаций.— *Прим. ред.*

вленные по данным искусственных спутников Земли. Телевизионная аппаратура спутников позволяет определить следующие данные ледовой обстановки: положение кромок дрейфующего льда и припая, границы зон различной сплоченности по укрупненным градациям, заприпайные полыньи, крупные каналы, большие поля и айсберги. Составление спутниковых ледовых карт выполняется следующим образом:

1) отбираются снимки с четким изображением, опознаются изображения географических объектов и наличие облачности над морем;

2) производится дешифрирование ледяного покрова с использованием способа совместного анализа снимков с интервалом 1—3 дня;

3) производится географическая привязка снимков, отдешифрированные границы и кромки переносятся на бланковую карту масштаба 1 : 7 500 000—1 : 15 000 000, на которой выделенные зоны различной сплоченности льдов оформляются условными обозначениями.

Вопросы и задания

1. Каким требованиям должен удовлетворять ледовый пункт?
2. Какое оборудование применяется для наблюдений над ледяным покровом с берега?
3. Перечислите основные и дополнительные береговые ледовые наблюдения.
4. Как определяется сплоченность дрейфующего льда?
5. Как производятся наблюдения над дрейфом льда?
6. В чем заключается измерение толщины льда?
7. Что представляют собой профильные ледовые наблюдения?
8. Какие ледовые наблюдения производятся на ходу судна и при его стоянке во льдах?
9. Как измеряется толщина льда с судна?
10. Как определяется дрейф льда с судна?
11. В чем заключаются особенности авиационных наблюдений над ледяным покровом?
12. Как составляется полетная (маршрутная) ледовая карта?

Глава 9
НАБЛЮДЕНИЯ НАД КОЛЕБАНИЯМИ УРОВНЯ МОРЯ

9.1. Типы уровенных постов и их оборудование

Место, оборудованное для наблюдений над уровнем моря, называется *уровенным постом*. По устройству различают реечные, свайные, свайно-реечные посты, а также уровенные посты с установкой самописца уровня моря.

Место наблюдений должно свободно сообщаться с открытым морем, быть достаточно глубоким, защищенным от судов, воздействия волн и плавучих льдов, а также быть легко доступным для наблюдений в любое время суток и в любую погоду. Обычно уровенный пост располагается в порту, защищенном от волн молами. Однако возможно размещение поста и в небольших бухтах, свободно сообщающихся с открытым морем. В арктических морях и в зимнее время уровенный пост может оборудоваться на припае.

Реечные уровенные посты сооружаются обычно в портах у приглубого берега и оборудуются постоянными металлическими водомерными рейками, из которых наиболее распространена морская рейка ГМ-3. Она представляет собой несколько металлических пластин, закрепленных на металлическом основании (швеллере), имеющих отверстия для размещения вкладышей делений шкалы и ее числовых отметок. В зависимости от пределов колебания уровня применяются рейки длиной 2,8; 4; 6; 8; 10 и 12 м. Первая из них состоит из одного блока (7 чугунных пластин), остальные — из двухметровых блоков, каждый из которых содержит по 5 чугунных пластин, закрепленных болтами на двухметровом швеллере. Швеллер верхнего блока рейки имеет длину на 70 мм больше и служит для крепления чугунной марки с размещенным на ней выступом для установки нивелирной рейки. Двухметровые блоки рейки соединяются между собой угловыми металлическими пластинами и имеют окна для эмалированных вкладышей, образующих шкалу рейки (цена деления шкалы 2 см). В комплект рейки входят запасные фарфоровые вкладыши и держатель, применяемый при замене поврежденных вкладышей.

Крепление рейки к вертикальной опоре (молу, свае и т. п.) осуществляется болтами с гайками через отверстия в пластинах, соединяющих блоки рейки, а также через отверстия в крайних планках на обоих концах рейки. Болты предварительно заделываются в стенах на цементе. Крепление к наклонным стенкам (скалы) осуществляется с помощью консолей. При отсутствии гидротехнических сооружений и пригодных для крепления скал рейки крепятся к сваям, забиваемым в грунт на 1,5—2,5 м. В защищенных от волн бухтах с пологим дном при невозможности забивать сваи в твердый грунт рейки устанавливаются на ряжах, изготовляемых из досок или тонких бревен.

При установке водомерных реек необходимо:

1) рейку укреплять вертикально на прочном основании;

2) длина рейки должна превышать величину колебаний уровня на 1—1,5 м, нижний конец рейки не должен обнажаться

при самом низком уровне, а верхний не должен затапливаться при самом высоком уровне;

3) рейку оградить от механических повреждений;

4) обеспечить свободный круглосуточный доступ к рейке при любых погодных условиях.

При пологом дне моря и отсутствии гидротехнических сооружений оборудуется свайный уровенный пост, состоящий

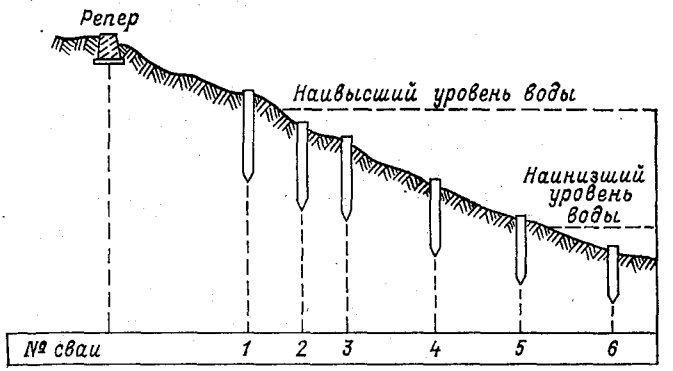


Рис. 49. Схема свайного уровенного поста.

из ряда свай (рис. 49), которые устанавливаются в створе с соблюдением следующих требований;

1) профиль, по которому устанавливаются сваи, должен быть пронивелирован;

2) головка самой нижней сваи должна быть на 25—50 см ниже наиболее низкого уровня, а головка самой верхней сваи — на 25—50 см выше наиболее высокого уровня;

3) расстояние между соседними сваями поста не должно быть более 50 м;

4) разность высот головок соседних свай должна быть 20—80 см;

5) возвышение головки сваи над дном не должно превышать 15—20 см, а в районах ледохода сваи вбиваются почти вровень с дном;

6) сваи нумеруют, начиная с верхней.

Применяют деревянные, металлические и железобетонные сваи, но наиболее удобной является металлическая винтовая свая ПИ-20 (СВГ-47), состоящая из чугунного винта, заполняемой битумом металлической трубы и чугунной головки. Эти сваи завинчиваются в грунт при помощи хомута и ваги, причем они должны входить в грунт строго вертикально.

Для наблюдений над уровнем моря на свайных постах применяются переносные водомерные рейки ГР-104 и ГР-23.

Первая из них представляет собой дюралюминиевую трубку диаметром 25 мм, в один конец которой заподлицо с поверхностью вмонтирована металлическая пробка, а на другой конец надета ручка. На лицевой стороне трубки снизу вверх резьбой или травлением нанесены отметки шкалы (числовые отметки нанесены через 10 см, а цена деления шкалы равна 1 см). Нулевая отметка шкалы совпадает с торцевой плоскостью нижнего конца рейки.

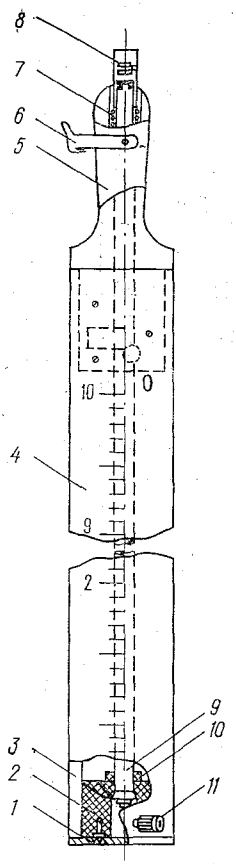


Рис. 50. Переносная водомерная рейка с успокоителем ГР-23.

1 — металлическая планка; *2* — втулка; *3* — плексигласовое дно; *4* — резервуар; *5* — ручка; *6* — скоба; *7* — пружина; *8* — упорная втулка; *9* — шток; *10* — пенопластовый поплавок; *11* — ниппель.

Рейка ГР-23 имеет успокоитель. Ее принцип основан на гашении волнения в резервуаре успокоителя и отсчете по шкале установившегося в резервуаре среднего уровня при установке рейки вертикально на верхнюю часть затопленной сваи. Рейка представляет собой резервуар *4* (рис. 50), имеющий в сечении форму ромба и склеенный из двух плексигласовых пластин. На внутренней стороне каждой из пластин нанесена тиснением сантиметровая шкала от 0 до 100 см. В нижней части рейки вклеено плексигласовое дно *3*, защищенное металлической планкой *1*. В дне имеются отверстия, через которые резервуар сообщается с морем. Снаружи в одно из отверстий ввинчивается сменный ниппель *11* с диаметрами отверстий 2, 4 и 6 мм (с увеличением волнения применяются ниппели с меньшим диаметром). Отсчет уровня по рейке производится после извлечения ее из воды. Для сохранения воды в резервуаре отверстия в дне рейки перекрывают клапаном, состоящим из резиновой втулки *2* штока *9*, пружины *7*, помещенной в выточке ручки *5*, и упорной втулки *8*, удерживающей пружину во взведенном состоянии. На ручке рейки имеется скоба *6*, предназначенная для удержания клапана в таком состоянии, чтобы отверстия при погружении рейки в воду были открыты. В верхней части одной из

пластин рейки имеется отверстие для выхода воздуха при заполнении резервуара водой и слива воды после измерения уровня.

Для удобства отсчетов внутри резервуара имеется кольцевой пенопластовый поплавок *10*.

Резервуар рейки при загрязнении промывают керосином или теплой мыльной водой и протирают. Рейка должна храниться в сухом проветриваемом помещении, где не должно быть едких летучих веществ или паров кислот.

Все переносные рейки имеют заводскую марку и клеймо бюро поверки.

При пологом дне и значительных колебаниях уровня оборудуется свайно-реечный уровенный пост. Для этого дополнительно к сваям устанавливают постоянную водомерную рейку. Когда колебания уровня не превышают длины рейки, отсчет производят по ней. Если же уровень стоит ниже нулевого деления рейки или вода полностью покрывает ее, наблюдения производят с помощью переносной рейки, устанавливаемой на торцы свай.

Уровенные посты часто оборудуют самописцами уровня моря.

9.2. Нуль поста, приводка. Критические отметки

Отсчеты уровня моря должны производиться от условной, постоянной для данного уровенного поста поверхности, называемой *нулем поста*. С 1961 г. на морях СССР установлен единый нуль поста, представляющий единую условную поверхность, от которой производится отсчет уровня моря на всех уровенных постах. За единый нуль постов на морях СССР (кроме Каспийского и Аральского) принят горизонт, лежащий на 5,000 м ниже нуля Кронштадтского футштока, т. е. горизонт минус 5,000 м, на Каспийском море — минус 28,000 м, а на Аральском — плюс 51,494 м.

Нуль Кронштадтского футштока фиксирует положение нулевой поверхности системы абсолютных отметок высот СССР (Балтийская система высот). Он закреплен горизонтальной чертой на металлической пластине, укрепленной на устое моста через Обводный канал в Кронштадте, расположенной на высоте, соответствующей среднему уровню за 1825—1840 гг.

В связи с тем, что нуль водомерной рейки невозможно совместить с нулем поста, после ее установки производится нивелирование с целью определения приводки — превышения нуля рейки над нулем поста (рис. 51). С помощью нивелирования также осуществляется контроль неизменности высотного

положения основных и рабочих реперов, которыми оборудуется каждый уровенный пост.

Основными реперами могут быть реперы общегосударственной нивелирной сети, находящиеся поблизости от уровенного поста. При их отсутствии закладывают специальные реперы, связывающиеся нивелированием с реперами государственной нивелирной сети.

Основной репер служит для поверок высотных отметок контрольного репера и закрепления нуля поста. Контрольный

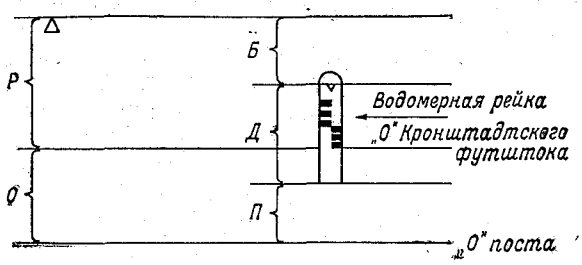


Рис. 51. Схема нивелирования нуля водомерной рейки.

Р — отметка репера, *0* — отметка нуля поста, *Б* — превышение репера над водомерной рейкой; *Д* — длина водомерной рейки, *П* — приводка к нулю поста.

репер устанавливают как можно ближе к уровенному посту, и он служит для систематических определений нивелированием приводки, которая может со временем изменяться по разным причинам (оседание сваи, повреждение рейки волнами или льдами и др.).

Описание реперов уровенного поста, их отметки и местонахождение, а также изменения, связанные с ними, указывают в техническом деле гидрометстанции (поста).

Нивелирование основных реперов производят по специальному указанию отделов гидрометсети морских обсерваторий, рабочих — ежегодно в течение трех лет после их закладки. Если результаты ежегодных нивелирований подтверждают постоянство высотного положения репера, то в дальнейшем контрольные нивелирования выполняют раз в три года. Нивелирование водомерных реек (головок свай) производят систематически не реже двух раз в год, а также после каждого повреждения рейки (сваи) или ее замены. При устойчивости высотного положения рейки (сваи) нивелируют раз в год, временные же рейки нивелируют ежемесячно.

Поверку высотных отметок контрольного репера, а также нивелирование водомерных реек (свай) производят нивелиро-

ванием III или IV класса. Нивелирование III класса обеспечивает получение невязок хода не более $10\sqrt{L}$ мм, где L — длина хода в километрах, а IV класса — не более $20\sqrt{L}$ мм. Нивелирование выполняют двумя отдельными ходами (прямым и обратным). При этом нивелирную рейку устанавливают на выступ в верхней части рейки (или верхушку сваи), а в нивелировочном журнале обязательно зарисовывают положение нивелирной рейки на водомерной и записывают длину последней от нулевого деления до выступа в верхней части $Д$ (рис. 51). Отметку нуля водомерной рейки получают путем прибавления к отметке выступа $Б$ длины рейки $Д$. Из рис. 51 видно, что приводка $П$ вычисляется как разность между превышением репера над нулем поста $(Р + О)$ и превышением репера над нулем рейки $(Б + Д)$. Если в результате нивелирования получена новая приводка, указывающая на смещение нуля, то ее принимают со дня нивелирования. В случае смены рейки или ее исправления в промежутке между двумя последовательными нивелированиями новую приводку принимают со дня смены или исправления рейки. Результаты нивелирования записывают в техническое дело гидрометстанции (поста) и книжку прибрежных гидрометеорологических наблюдений КГМ-1М.

Для каждого уровенного поста должны устанавливаться критические отметки уровня — отметки, превышение которых или падение ниже которых влечет за собой опасные в данном районе последствия. С целью определения этих отметок на морях без приливов необходимо совместно с заинтересованными организациями:

1) определить высоты уровня, выше и ниже которых подъем или падение уровня представляет опасность (затопление хозяйственных объектов или затруднения в судоходстве и др.);

2) выбрать из материалов наблюдений (за период не менее года) наибольшие и наименьшие высоты уровня и сравнить их с высотами уровня, представляющими опасность. Если наибольшие (наименьшие) наблюденные уровни выше (ниже) представляющих опасность уровней, то за критическую отметку следует принять представляющие опасность высоты уровня, в противном случае — наибольший (наименьший) уровень из материалов наблюдений.

Для определения критических отметок на морях с приливами необходимо:

1) в течение 6 месяцев два раза в месяц в дни наибольших приливов производить наблюдения над уровнем в моменты полных и малых вод при отсутствии или наименьшем развитии ледяного покрова;

2) из каждой серии наблюдений с интервалами через 10—30 мин выбрать один наибольший уровень при полной воде и один наименьший уровень при малой воде;

3) осреднить выбранные наибольшие и наименьшие уровни;

4) принять полученные значения среднего наибольшего и среднего наименьшего уровней за критические отметки.

В зависимости от запросов заинтересованных организаций и по мере накопления материалов наблюдений критические отметки могут быть изменены.

9.3. Самописцы уровня моря

С целью непрерывной регистрации колебаний уровня моря применяют различные самописцы, наиболее распространенным из которых является поплавковый самописец уровня моря СУМ. Его принцип действия основан на механическом преобразовании вертикальных перемещений находящегося на поверхности воды поплавка в пропорциональные перемещения пера, записывающего их на диаграммной ленте.

Изготовляются три модели СУМ, рассчитанные на разные пределы измерений уровня (3 м с масштабом записи 1 : 10, 6 м с масштабом 1 : 20 и 12 м с масштабом 1 : 40). Прибор состоит из поплавковой системы, передающего механизма и регистрирующей части (последние две монтируются на массивной чугунной плите).

Поплавковая система (рис. 52) состоит из пустотелого цилиндрического поплавка *1*, груза *2*, цепи *3* и противовесагири *4*. В вершинах конусообразных крышек поплавка имеются ушки для крепления груза и цепи. Груз *2* придает остойчивость поплавку и погружает его в воду на определенную глубину. Латунная цепь, натягиваемая противовесом, служит для передачи вертикальных перемещений поплавка через передающий механизм регистрирующей части СУМ. Длина цепи у самописца с масштабом записи 1 : 10 равна 5 м, 1 : 20 — 8 м и 1 : 40 — 14 м; соответственно изменяется и масса противовеса от 1,2 до 2,3 кг.

Передающий механизм (рис. 53) состоит из поплавкового колеса с 60 зубцами (шаг 1 см), малой шестерни (15 зубцов), большой шестерни (90 зубцов), кремальерной шестерни, диска *6* с индексом, зубчатой рейки *5* и колонки *4*. Поплавковое колесо и малая шестерня насажены на одну ось, а большая шестерня, диск и кремальерная шестерня — на другую ось. Малая и большая шестерни сцеплены между собой, а кремальерная шестерня сцеплена с зубчатой рейкой, перемещающейся вверх и вниз в пазу колонки. Перемещения поплавка посредством

цепи передаются поплавковому колесу, одновременно с которым вращаются все шестерни и перемещается зубчатая рейка.

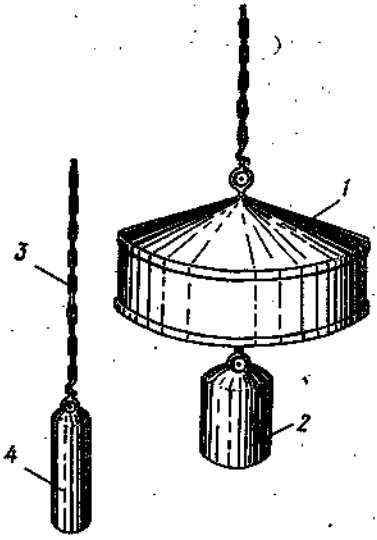


Рис. 52. Поплавковая система самописца уровня моря СУМ.

1 — поплавок; *2* — груз; *3* — цепь; *4* — противовес.

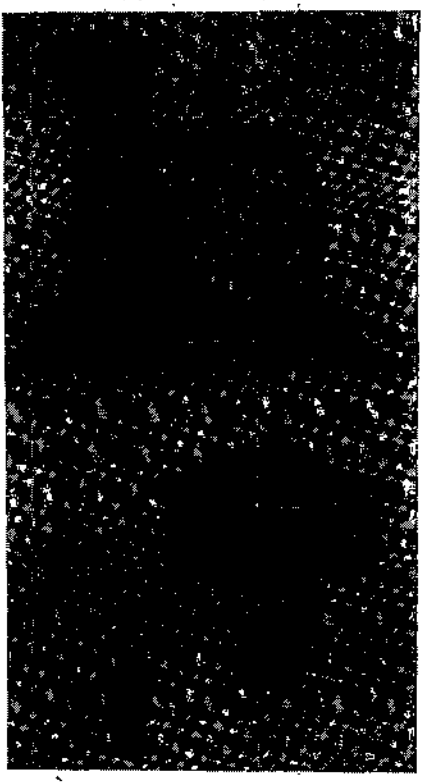


Рис. 53. Передающий и регистрирующий механизмы самописца уровня моря СУМ.

1 — противовес; *2* — барабан; *3* — перо; *4* — колонка; *5* — зубчатая рейка; *6* — измерительный лимб; *7* — плоская шарнирная цепочка; *8* — поплавок; *9* — груз.

Соотношение зубцов малой и большой шестерен 1 : 6 позволяет за 6 оборотов поплавкового колеса повернуться диску только на один оборот. Число зубцов кремальерной шестерни зависит от масштаба записи (от 164 при масштабе 1 : 10 до 41 при масштабе 1 : 40). Диск *6* имеет 360 делений и индекс, а колонка *4* — шкалу с ценой деления от 1 см при масштабе записи 1 : 10 до 4 см при масштабе 1 : 40. Эти деления служат для контроля отсчетов при снятии ленты и для сличения показаний СУМ с показаниями водомерной рейки.

Регистрирующая часть СУМ (рис. 53) состоит из часового механизма, надетого на его корпус барабана *2* и рычага *3* с пером, который укреплен на зубчатой рейке *5*. Барабан вращается со скоростью 12 мм в час на оси с подкладным зубчатым колесом, укрепленной на чугунной плите. Запись

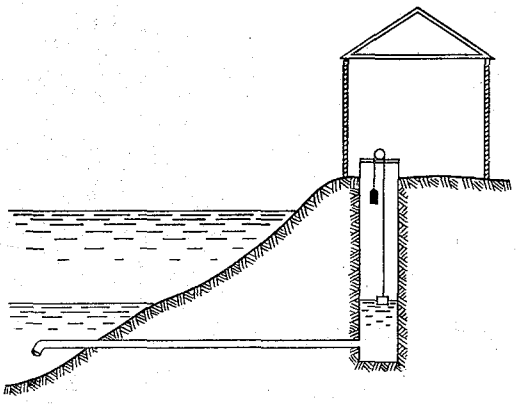


Рис. 54. Схема установки самописца уровня моря в колодце.

колебаний уровня производится на специальной разграфленной ленте из плотной картографической бумаги, надеваемой на барабан часового механизма и закрепляемой упругим лентодержателем. Отсчет уровня по СУМ можно произвести по положению индекса на диске, по положению пластинки на колонке и по положению конца пера на ленте.

СУМ устанавливается над специальным колодцем, связанным с морем и защищающим поплавок от воздействия волн и обмерзания. Место установки прибора должно удовлетворять тем же требованиям, что и место установки водомерной рейки. В зависимости от местных условий применяют следующие способы установки СУМ:

1) на берегу в будке над колодцем, соединенным с морем подводящей трубой;

2) непосредственно в море (у обрывистого берега, откоса, набережной);

3) в некотором удалении от берега на специальном сооружении.

Первый способ установки (рис. 54) применяется в том случае, когда при сравнительно больших глубинах можно выбрать

место для сооружения колодца недалеко от уреза воды, но так, чтобы он не затоплялся при самом высоком подъеме уровня. После выкапывания колодца его стенки укрепляют бетонной или кирпичной кладкой (можно также использовать железобетонную трубу диаметром 60—100 см). Верх колодца должен быть на 0,6—0,7 м выше самого высокого подъема уровня, а его дно заглубляют на 1 м ниже самого низкого уровня. С морем колодец соединяется подводящей трубой диаметром 10—25 см, наружный конец которой защищен сеткой. Входящий в колодец конец трубы должен иметь приспособление для полного или частичного закрытия для очистки трубы и колодца (полное перекрытие) или для гашения волн в колодце (частичное перекрытие). При длине подводящей трубы более 10 м оборудуют смотровые колодцы для облегчения прочистки трубы при ее засорении. Самописец уровня устанавливают над колодцем в каменной или деревянной будке на прочной подставке и закрепляют болтами.

Для временной установки СУМ при высоте берега менее 9 м можно вместо закладки подводящей трубы применить трубу-сифон, один конец которой опускается почти до самого дна колодца, а второй выводится в море на глубину ниже самого низкого уровня. В самом высоком месте на сифонной трубе устанавливается воздухоуловитель — сосуд с краном в нижней части и герметичной пробкой в верхней. Такая установка применима только в летний период.

Второй способ установки СУМ используется в портах или при крутом береге. При этом колодец сооружают в море на некотором удалении от причала или берега (рис. 55), над ним возводят будку, которая соединяется с берегом мостом с ограждением. На высоте 30—40 см над дном в колодце просверливают несколько отверстий для проникновения воды. Диаметр этих отверстий зависит от размеров колодца.

В случае временной установки СУМ может укрепляться на бревенчатом ряже или забитых в грунт сваях.

При правильной работе СУМ на его ленте получается плавная, четкая и тонкая кривая, тогда как при неправильной работе запись имеет вид либо совершенно прямой линии, либо ступенчатой записи, либо широкой расплывчатой полосы. Неисправность может быть вызвана различными причинами: засорением подводящей трубы или отверстий в стенках колодца, замерзанием воды в колодце, неправильной работой передающего механизма, пера и часового механизма.

При засорении подводящей трубы или отверстий запись имеет вид прямой линии. Засорение обычно происходит в результате заноса песком или илом конца трубы (отверстий), обрастания водорослями или ракушками, попаданием различ-

ных отбросов. Для устранения этого периодически очищают выходную часть трубы или отверстия в стенках колодца, при этом дату очистки записывают в книжку наблюдений.

При замерзании воды в колодце запись также может иметь вид прямой или ступенчатой линии. Для исключения замерзания воды необходимо отапливать помещение СУМ, а также

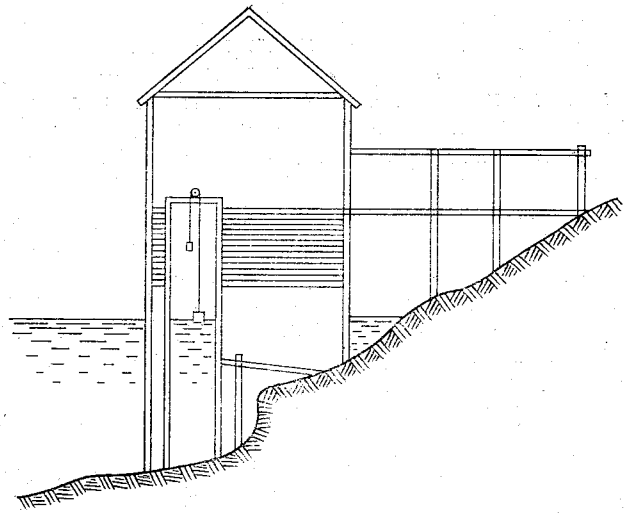


Рис. 55. Схема установки СУМ в море.

наливать в колодец слой смеси керосина с минеральным маслом толщиной 5—6 см.

Проникновение волнения в колодец вызывает появление расплывчатой широкой записи. В этом случае необходимо уменьшить диаметр отверстий в стенках колодца.

Вследствие трения и загрязнения частей передающего механизма запись получается ступенчатой. Для устранения этой неисправности производят очистку осей и зубцов шестеренок и звеньев цепи, проверяют плавность действия всего механизма и оси смазывают негустеющим маслом. Для очистки применяют жесткую волосяную щетку.

Перерывы в записи и чернильные пятна на ленте связаны с загрязнением пера, которое прочищают мягкой кисточкой.

При обнаружении течи в поплавке его следует пропаять, проверить на герметичность, погружая в сосуд с теплой водой. При этом в местах течи появляются пузырьки воздуха.

Часы самописца должны иметь правильный ход. Если они систематически уходят вперед или отстают более чем на 5 мин

в сутки, то следует уменьшить или ускорить ход часов. Для этого необходимо отодвинуть заслонку отверстия на верху барабана и передвинуть, если часы спешат, стрелку регулятора к букве «У» (убавить), если же часы отстают, то стрелка передвигается к букве «П» (прибавить).

Кроме СУМ, для измерения и регистрации колебаний уровня предназначен малогабаритный автономный береговой самописец уровня моря ГМ-28, который применяется в защищенных от сильного волнения портовых акваториях и бухтах, где глубина не превышает 8 м.

Преимуществом прибора перед СУМ является отсутствие необходимости дорогостоящего строительства колодца и будки над ним, прокладки соединительной трубы, а недостатками — меньшая точность регистрации колебаний уровня, более сложная обработка записи, необходимость регулярного подъема и постановки.

Принцип действия самописца уровня моря ГМ-28 основан на преобразовании колебаний гидростатического давления, вызванных изменениями уровня моря, в механическое перемещение стрелки и записи этих перемещений на ленте, приводимой в движение часовым механизмом. Прибор ГМ-28 выпускается трех типов, обеспечивающих регистрацию колебаний уровня в диапазонах 3, 6 и 12 м. Погрешность измерения уровня составляет ± 2 % от максимального диапазона измерений.

СУМ ГМ-28 (рис. 56) представляет собой герметизированный самописец гидростатического давления, чувствительным элементом которого является подпружинный сильфон *12*, укрепленный на основании прибора *11*. Ко дну сильфона жестко прикреплен шток *9*, в качестве направляющей для которого служит втулка из фторопласта *8*. Верхний конец штока упирается в пластину *5*, укрепленную на оси *7* и свободно вращающуюся в цапфах двух кронштейнов. Вращательные движения оси через биметаллическую кольцевую пластинку *6* передаются стрелке *15* с пером для записи на ленте барабана часового механизма *4*. Биметалл служит для компенсации перемещений стрелки, вызываемых изменениями температуры.

Начальная глубина установки прибора исключается отводом штока *9* с помощью микрометрического винта *10* и гайки от пластины *5* на расстояние, соответствующее этой глубине. Связь между числом оборотов гайки (перемещением штока) и глубиной установки самописца определяется при его заводской регулировке и прикладывается к поверочному свидетельству в виде таблицы (см. пример в табл. 16).

Для предотвращения опускания стрелки при отводе штока на основании прибора имеется арретир с упором *14*. Самописец уровня герметизируют крышкой-кожухом *3*, которая крепится

Таблица 16

Таблица соответствия глубины погружения самописца уровня моря ГМ-28 и показаний шкалы микровинта (пример)

Заглубление, м	0	0,5	1,0	1,5	...	7,0	7,5	8,0
Количество оборотов гайки микрометрического винта	0,21	0,63	1,05	1,47	...	6,09	6,51	6,93

к основанию шестью откидными болтами *2* с гайками *1*. Герметичность соединения крышки с основанием обеспечивают рези-

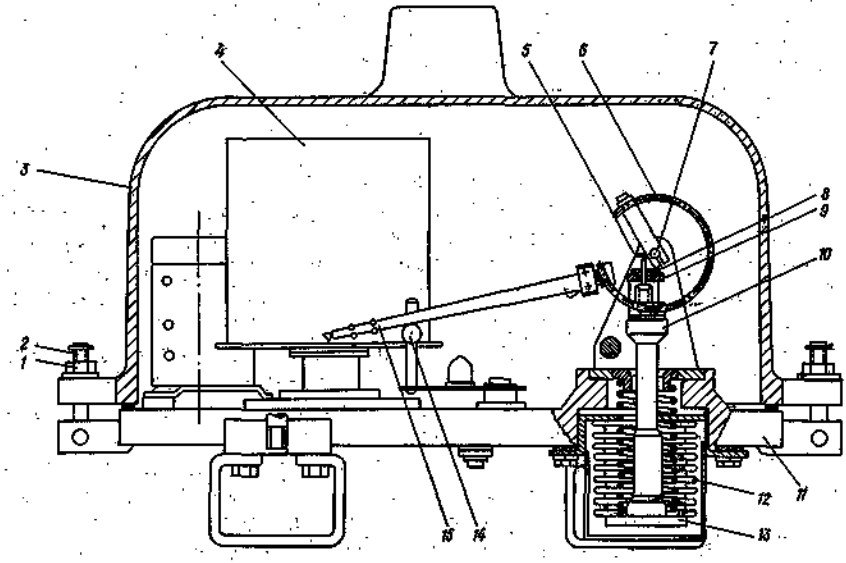


Рис. 56. Автономный самописец уровня моря ГМ-28.

1 — гайка; *2* — откидной болт; *3* — крышка; *4* — барабан; *5* — пластинка; *6* — кольцевая пластинка; *7* — ось; *8* — фторопласт; *9* — шток; *10* — микрометрический винт; *11* — основание; *12* — сильфон; *13* — дно сильфона; *14* — арретир с упором; *15* — стрелка с пером.

новой прокладкой. К основанию прибора прикрепляют болтами установочную плиту-груз.

С целью гашения волн в отверстие защитного цилиндра сильфона ввинчивают одну из металлических пробок (в зависимости от интенсивности волнения подбирают диаметр отверстия в пробке 0,5, 1 или 2 мм). При установке ГМ-28 на илистое или песчаное дно в отверстие защитного цилиндра сильфона вставляют штуцер противозаиляющей резиновой трубки, верхний конец которой крепят к крюку прилива на крышке прибора. Там же имеются три болта для крепления троса наконечника специальной штанги для опусания прибора.

В основании самописца уровня есть закрытое винтом отверстие с резиновой прокладкой. Оно предназначено для подачи воздуха в прибор при проверке его герметичности.

Самописец ГМ-28 устанавливают на дно в месте, свободном от прибойных волн и всплесков, недалеко от водомерной рейки, с удобным подходом к месту его спуска и подъема. Применяют

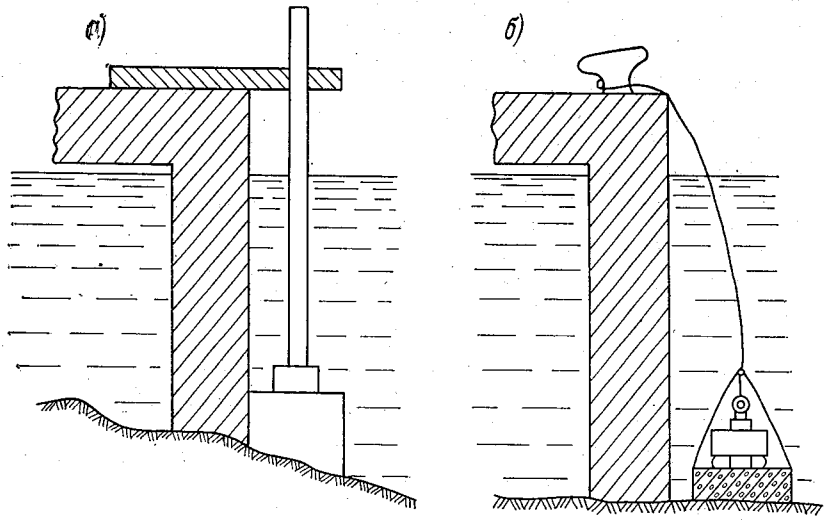


Рис. 57. Схемы установки самописца уровня моря ГМ-28.
а — с помощью штанги; *б* — с помощью троса.

следующие способы крепления и установки прибора, зависящие от конкретных условий:

1) с помощью металлической или деревянной штанги;

2) с помощью укрепленного в проушине прибора троса.

Примерные схемы установки самописца ГМ-28 показаны на рис. 57.

Кроме этих схем, может быть рекомендована установка ГМ-28 через вырезанное в пирсе или эстакаде отверстие. При этом исключаются возможные повреждения прибора при подходе судов и облегчается его спуск и подъем. Возможна также постановка прибора на некотором удалении от берега (при глубине не более 8 м в малую воду). Для опознания места установки прибора в этом случае его соединяют тросом с заякоренным буем.

Перед установкой самописца уровня моря ГМ-28 следует выполнить следующие операции:

1) измерить глубину установки в малую воду с погрешностью не более $\pm 0{,}1$ мм;

2) по таблице определить отвод штока от пластины на оси стрелки;

3) вращая микрометрический винт, опустить шток на эту величину, отсчитывая ее по шкале и нониусу;

4) завести часовой механизм, укрепить на барабане ленту, заполнить перо чернилами, а осушитель силикагелем (силикагель должен быть сухим, желтого цвета);

5) надеть кожух и затянуть болты.

После установки прибора производят контрольный отсчет по водомерной рейке, что дает возможность привести его показания к нулю поста. Контрольные отметки на ленте ГМ-28 выполняют при его быстром подъеме на 20—30 см и опускании на прежнее место.

Основные требования по уходу за прибором сводятся к предохранению его от ударов и содержанию в чистоте. Во избежание отпотевания деталей не следует допускать резкого колебания температуры прибора при смене лент. Наиболее часто встречаются следующие неисправности:

1) на ленте отсутствует запись (нет чернил в пере, перо плохо прижато к ленте из-за неисправности арретирного устройства или наклона прибора, а также из-за неправильной установки штока по глубине;

2) на ленте отсутствует запись полных или малых вод (неправильное положение штока);

3) линия записи смещается вверх (плохая герметизация прибора);

4) расплывчатая запись колебаний уровня (сильная увлажненность внутри прибора или влияние волнения);

5) перо записывает горизонтальную линию (засорение отверстий в защитном цилиндре сильфона или неправильное закрепление штока в направляющей втулке).

9.4. Производство наблюдений на уровенных постах и обработка результатов наблюдений

Наблюдения на уровенных постах при отсутствии самописца уровня заключается в отсчете деления постоянной или переносной рейки, на уровне которого в момент наблюдения находится поверхность воды. Отсчет в сантиметрах производят в 03, 09, 15 и 21 ч по московскому времени. При волнении уровень отсчитывают в моменты прохождения через рейку вершины и подошвы волны. Для большей достоверности в этих случаях производят три пары отсчетов, которые затем осредняют. При наблюдениях на свайном посту переносную рейку устанавливают отвесно на верхнюю часть ближайшей к берегу сваи

и ориентируют ребром против течения или волнения. С помощью рейки с успокоителем ГР-23 уровень измеряют следующим образом:

1) ввинчивают ниппель с диаметром отверстия, соответствующим волнению;

2) нажимают на втулку и опускают этим шток в крайнее нижнее положение, в котором он и закрепляется при помощи скобы на ручке;

3) устанавливают вертикально рейку на верхнюю часть сваи и выжидают, пока резервуар не наполнится водой;

4) отведя скобу, освобождают шток, который под действием пружины переходит в крайнее верхнее положение и перекрывает входные отверстия в дне рейки;

5) рейку поднимают и отсчитывают уровень по высоте столба воды в резервуаре рейки.

Для наблюдений в темное время суток уровенный пост должен иметь освещение.

Отсчеты по рейке записывают в соответствующие графы книжки КГМ-1М. При наблюдениях на свайном посту должен записываться номер сваи, на которую устанавливалась переносная рейка. При регистрации колебаний уровня моря самописцем смену ленты производят в один из сроков, приходящихся на дневное время. После наложения ленты и перед ее снятием с барабана на ней производят контрольную метку (засечку). На ленте СУМ такую метку можно получить незначительным покачиванием поплавкового колеса. Выполнять метку нажатием на рычаг пера не следует, так как это может привести к его деформации. Необходимо, чтобы смена ленты производилась не более чем через 5 мин после выполнения отсчета уровня по водомерной рейке.

На ленте самописца уровня записываются год, месяц, число, часы, минуты и отсчет по водомерной рейке (также производится запись отсчетов по кругу и по индексу на колонке СУМ). Завод часов обычно осуществляют два раза в неделю в установленные дни. При надевании ленты следует ее тщательно расправлять, а предварительно ровно обрезанный край ленты должен прикасаться к закраине барабана. Чернила в перо добавляют по мере надобности.

Некоторый запас лент хранят в будке самописца, так как бумага изменяет свои размеры в зависимости от влажности.

Первичная обработка результатов измерений по водомерной рейке заключается в следующем:

1) в вычислении среднего отсчета путем деления суммы трех пар отсчетов по гребням и подошвам волн на 6;

2) в приведении среднего отсчета по рейке к нулю поста путем прибавления к нему приводки.

Первичная обработка записи самописца уровня моря СУМ состоит из следующих операций:

1) проверки и исправления записи на ленте;

2) нахождения на записи точек, соответствующих моментам целых часов (разметка);

3) снятия показаний СУМ (ординат) в моменты целых часов и приведения их к нулю поста;

4) определения максимальных и минимальных уровней за сутки (моментов полных и малых вод на морях с приливами).

Вся обработка ведется на самой ленте.

При проверке записи проверяют полноту и правильность записей на ленте (время постановки и снятия ленты, контрольные отметки). Если перерывы в записи не превышают 3 ч (плохая регулировка степени нажатия пера, отсутствие чернил в пере или его загрязнение) и если плавный характер записи хода уровня это позволяет, то кривую в месте перерыва записи восстанавливают от руки. Допускается также сглаживание кривой записи самописца при наличии сейш, имеющих местный характер. Однако на морях без приливов сейши с периодами больше 30—60 мин не сглаживаются. По окончании проверки и исправления записи на ленте проставляют крупными цифрами порядковый номер, считая от начала года.

Перед разметкой записи проставляют числа у часовых линий на ленте. Поправку времени вводят только в том случае, когда часы спешат или отстают более чем на 5 мин за сутки. Разметку записи по времени производят по отметкам, сделанным при наложении и снятии ленты. Для упрощения обработки добиваются, чтобы часы наблюдателя имели нулевую поправку, а при начале записи на новой ленте вращением барабана подводят к перу то деление, которое точно соответствует истинному времени. Ход часов от момента наложения до момента снятия ленты принимается равномерным. Поправки на ход часов на каждый целый час выбирают из вспомогательной таблицы. Новые часовые линии наносят в виде коротких штрихов, пересекающих кривую записи и отстоящих от часовых линий бланка ленты на расстояния, равные поправкам времени (если часы спешат, поправки отрицательные, а если отстают, то поправки положительны). Для облегчения и ускорения разметки записи могут использоваться специальные трафареты из плотной белой бумаги.

Снятие показаний СУМ и их приведение к нулю поста осуществляется следующим образом. С левого края ленты размечают шкалу высот уровня в дециметрах с учетом масштаба записи, добиваясь небольшой разности уровня между показаниями водомерной рейки и СУМ (меньше 10 см). Записывают на ленте уровень по рейке и отсчеты по ленте в моменты нало-

жения и снятия ленты в виде дроби (в числителе — уровень по рейке, в знаменателе — отсчет по ленте СУМ). Затем снимают с кривой записи отсчеты для каждой исправленной часовой ординаты с точностью до 1 см.

Определяют поправки ординат для каждого часа, полагая, что между сроками они изменяются равномерно. Для вычисления поправок находят их разность в моменты наложения и снятия ленты. Это значение делят на 24 (число часов в сутках), а частное умножают на число часов после момента наложения ленты (1, 2, 3, ..., 23, 24), округляя результат до 1 см.

Пример. Смену лент производят в 15 ч. При наложении ленты уровень по рейке составил 420 см, а отсчет по ленте — 412 см. При снятии ленты они соответственно равны 443 и 441 см, т. е. поправка для приведения к нулю поста в момент наложения ленты составляет +8 см, а в момент снятия +2 см. Разность поправок равна 6 см, а частное от деления разности на 24 — 0,25 см. Следовательно, поправка для ординаты, соответствующей 18 ч будет равна $0{,}25 \cdot 3 = 0{,}75$, т. е. округленно на 1 см меньше, чем в момент наложения ленты (разность поправок убывает равномерно от 8 см в момент наложения до 2 см в момент снятия ленты). Поправка в 4 ч будет равна $0{,}25 \cdot 13 = 3{,}25$, т. е. округленно на 3 см меньше, чем при наложении ленты, и т. д.

Интерполяцию поправок между сроками или между моментами наложения и снятия ленты можно производить также при помощи вспомогательной таблицы, приведенной в «Наставлении гидрометеорологическим станциям и постам», вып. 9, часть I. При этом поступают следующим образом. Находят разность поправок в моменты наложения и снятия ленты (или в моменты контрольных засечек через 6 ч) и по ней отыскивают в таблице строку, характеризующую изменение поправок от часа к часу. Числа этой строки прибавляют (или вычитают) к поправке в момент наложения ленты.

Поправки за каждый час записывают на ленте под снятыми с записи отсчетами, а под ними — приведенные к нулю поста ежечасные значения уровня.

Максимальное и минимальное значения уровня (а на морях с приливами моменты и высоты полных и малых вод) выбирают из записей на двух лентах (обрабатываемой и последующей). Максимальное и минимальное значения снимают с несглаженных кривых, приводят к нулю поста и записывают на ленте. Моменты и высоты полных и малых вод определяют по наивысшим и наинизшим точкам сглаженной кривой. Для облегчения их определения вблизи максимального и минимального уровней параллельно оси абсцисс проводят две хорды, соединяющие две точки кривой с одинаковой высотой уровня. Середины обеих хорд соединяются прямой, которая продолжается до пересечения с кривой. Время, соответствующее точке пересечения, представляет момент полных (малых) вод, а вы-

сота уровня в этот момент будет высотой полных (малых) вод. К показаниям СУМ прибавляют поправки на высоту и время, находимые путем интерполяции между соседними часами. Время наступления полных и малых вод и их высоты, снятые с кривой записи и приведенные к нулю поста, записывают в верхней части ленты над кривой.

Обработка записи самописца уровня моря ГМ-28 состоит из следующих операций:

1) проверки и исправления записи на ленте;
2) разметки записи;
3) снятия с ленты ординат в моменты целых часов;
4) введения поправок уровня, вызванных изменениями атмосферного давления;
5) приведения исправленных показаний к нулю поста;
6) определения максимальных и минимальных уровней за сутки (моментов и высот полных и малых вод на морях с приливами).

Операции «1» и «2» осуществляются аналогично соответствующим операциям при обработке лент СУМ.

Для каждого целого часа определяют высоту уровня по кривой записи (отсчеты ведут от нуля ленты с учетом вертикального масштаба записи и начальной глубины установки прибора).

Затем значения высот уровня приводят к нормальному атмосферному давлению (1000 гПа). Для этого вводят поправку на атмосферное давление. При давлении выше 1000 гПа поправки вычитают, а при давлении ниже 1000 гПа — прибавляют.

Пример. Если отсчет на ленте составляет 400 см, а атмосферное давление в это время равно 1010 гПа, то поправка на приведение к нормальному атмосферному давлению составит минус 10 см, так как давление выше нормального (1000 гПа), а изменение давления на 1 гПа соответствует изменению уровня на 1 см.

Операции «5» и «6» производятся так же, как и соответствующие операции при обработке лент СУМ.

Вопросы и задания

1. Что называется уровенным постом? Назовите типы постов.
2. Каково устройство водомерной рейки ГМ-3?
3. Какие требования предъявляются при установке рейки?
4. Что представляет собой свайный пост?
5. Каково устройство переносной рейки с успокоителем?
6. Что такое нуль поста и нуль Кронштадтского футштока?
7. С какой целью производится нивелирование рейки (сваи)?
8. Как производится нивелирование рейки и вычисление приводки?
9. В чем заключается определение критических отметок на морях без приливов и на морях с приливами?

10. Каково устройство самописца уровня моря СУМ?
11. Перечислите способы установки СУМ и наиболее распространенные неисправности в его работе.
12. Каково устройство малогабаритного самописца уровня моря ГМ-28?
13. Перечислите способы установки ГМ-28 и наиболее распространенные неисправности в его работе.
14. Как производятся наблюдения по рейкам?
15. Каковы основные этапы обработки записей самописца уровня СУМ и самописца ГМ-28?

Глава 10
НАБЛЮДЕНИЯ НАД МОРСКИМИ ТЕЧЕНИЯМИ

10.1. Поплавочный метод наблюдения над течениями

По словам Ю. М. Шокальского, «способ определения течений с помощью свободно плавающих предметов появился по указанию самой природы». На рис. 58 представлена классификация поплавочных способов наблюдений над течениями. Нет сомнения, что наблюдения над случайно плавающими предметами могут дать только качественную характеристику морских течений. Наиболее удобными для наблюдений являются льды и материковые воды, прослеживая движение которых можно получить схему направления течений в данном районе.

Долгое время одним из самых распространенных методов наблюдений над течениями являлся навигационный (роль поплавка играет само судно). Благодаря этому методу был собран основной материал для построения карт поверхностных течений Мирового океана. Навигационный метод не требует специальных затрат. Его сущность заключается в том, что в одно время сравниваются счислимое и обсервованное места судна. При отсутствии течения и ветра обсервованное место должно совпасть со счислимым. Направление сноса за время между обсервациями можно получить, соединив счислимое место с обсервованным, скорость — если расстояние между ними разделить на промежуток времени между обсервациями. При отсутствии ветра снос судна происходит только под действием течения. В этом случае можно получить среднюю скорость течения навигационного слоя, направление же течения совпадает с направлением сноса. Если известна скорость дрейфа судна под действием ветра различной силы, то, выполнив векторное вычитание из суммарного сноса под действием ветра, получают снос под действием течения. На многих судах производится регулярная запись данных о сносе в книжки гидро-

метеорологических наблюдений (обычно раз в сутки). Поэтому основными достоинствами навигационного метода являются массовость и дешивизна, а недостатком остается сравнительно малая точность, связанная с ошибками определения места судна и ветровым дрейфом.

В качестве первых искусственных поплавков служили бутылки повышенной прочности, в которые вкладывались кар-

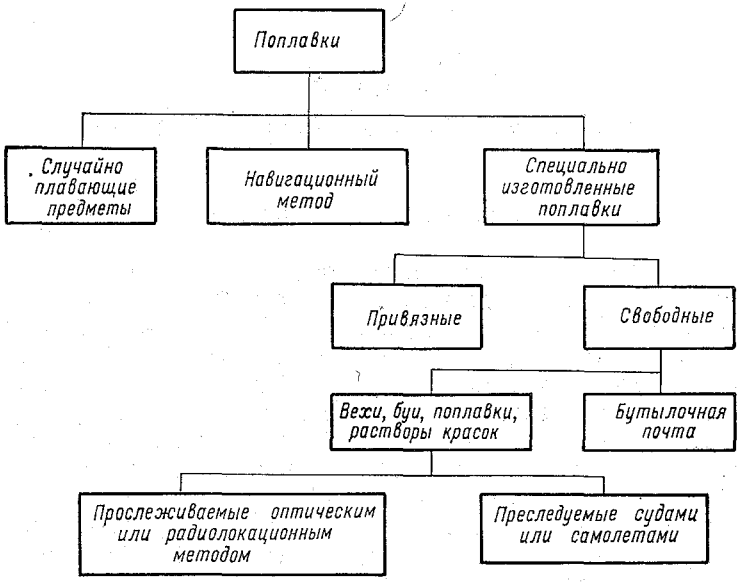


Рис. 58. Классификация поплавочных способов наблюдений над течениями.

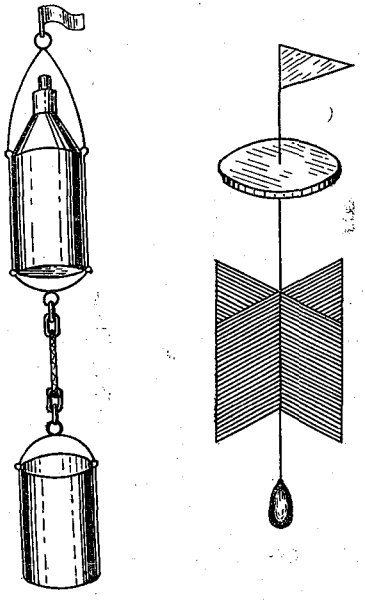
точки с указанием, где и когда они брошены в море, и с просьбой к нашедшему заполнить карточку (указать координаты или название пункта и время нахождения) и опустить ее в почтовый ящик. Перед помещением в бутылку карточку нумеруют и отмечают в специальном журнале дату, время и координаты пуска бутылки. Карточку свертывают в трубку, стягивают резинкой и прекрепляют к нити, конец которой выпускают из горлышка бутылки. Перед сбрасыванием бутылку заполняют балластом (сухим песком) так, чтобы ее горлышко возвышалось над поверхностью воды на 2—3 см. Бутылку тщательно закупоривают и смолят пробку. В арктических морях вместо бутылок применяют специальные ярко окрашенные буи.

Бутылочная почта дает хорошие результаты только в случае массового выброса бутылок в разных районах моря и при

хорошем оповещении об этом судоводителей и жителей побережья. Обработка результатов осуществляется на специальной карте, на которую наносят траектории движения отдельных бутылок (от точки бросания до точки находки). Особую ценность представляют бутылки, подобранные непосредственно в море. Полученная схема течений весьма сглаженная и нуждается в уточнении.

Для наблюдений над течениями употребляют привязные или свободно плавающие поверхностные поплавки, парашютные буксиры, поплавки нейтральной плавучести, радиолокационные вехи и буи, поплавки с красителями.

Привязные поплавки (рис. 59 *а*) представляют собой два цилиндрических сосуда в виде ведра диаметром 20—30 см и высотой 40—50 см. Верхний сосуд имеет наваренный сверху конус с отверстием, закрывающимся пробкой. Сосуды соединены линем (1—10 м), а к верхнему сосуду крепится линь (до 200 м) с подвязанными к нему через 10 м пенопластовыми поплавками. Верхний сосуд уравновешивают с помощью балласта таким образом, чтобы над поверхностью воды выступал только окрашенный в яркий цвет конус с флажком.



а) *б)*

Рис. 59. Двойные привязные поплавки (*а*) и свободный поплавок (*б*).

Привязные поплавки применяют с судна, стоящего на якоре. Скорость течения определяют по времени, в течение которого линь вытравливают на расстояние, определяемое с помощью наложенных на линь марок. Направление течения находят по углу между направлением на поплавок и диаметральной плоскостью судна. Недостатком привязных поплавков является малая точность и большая зависимость от условий погоды. Поплавки неприменимы при скорости ветра больше 6 м/с и при волне более 1 м высотой.

Свободные поверхностные поплавки (рис. 59 *б*) должны удовлетворять основному требованию — площадь вертикального сечения поплавка над поверхностью воды и площадь сечения погруженной в воду части поплавка должны находиться в отношении 1 : 100 и меньше. Подводная часть поплавка (демпфер)

обычно изготовляется из прочной ткани, натянутой между двумя планками, из которых верхняя крепится к буйку, а к нижней подвешивается груз.

Наблюдения над течениями с помощью свободных поплавков сводятся к последовательному определению координат поплавков через известные промежутки времени. Если координаты поплавков определяют с судна, которое через определенные интервалы подходит вплотную к поплавку, то такие работы называются работами с «преследуемыми» поплавками. Если же координаты поплавков определяют со стоящего на якоре судна или с берега, то такие работы называются работами с «прослеживаемыми» поплавками. Преследуемые поплавки наиболее эффективно применяются при условии точного определения места судна. Прослеживаемые поплавки применяют для исследования течений в сложных в навигационном отношении районах (подводные опасности), а также в районах со слабыми течениями (бухты, заливы). Для прослеживания поплавков могут применяться волномер-перспектометр и теодолит. Наибольшая точность достигается при помощи двух теодолитов (базисные наблюдения).

Наблюдения за перемещением поплавков возможны и с помощью радиолокаторов. В этом случае применяют радиолокационные вехи, состоящие из буя, подводного паруса и штанги с укрепленным на ней пассивным отражателем. Так, у вехи ААНИИ (рис. 60) отражатель состоит из четырех прямоугольных металлических листов. Для вращения отражателя в его верхней и нижней частях симметрично расположено по четыре полусферические лопасти, принимающие давление ветра. Вращение отражателя позволяет получить на экране радиолокатора сигнал постоянной яркости.

Разборная веха Т-2 имеет сквозную втулку в поддерживающем железном буе, куда вставляется металлическая штанга длиной 200 и диаметром 4 см. К штанге крепится уголковый сетчатый отражатель. Веха снабжена подводным парусом из брезента, который складывается посредством троса.

Радиолокационный буй типа М-2 (рис. 61) состоит из сетчатого пирамидального отражателя *1*, пенопластового поплавка *2* и подводного паруса *3* (два взаимно перпендикулярных брезентовых полотнища 1×1 м, укрепленных на крестовинах). Буй М-2 применяется в тихую погоду.

При наблюдениях с помощью радиолокатора производится возможно более точное определение места судна, фиксация отдельных положений радиолокационной вехи относительно судна путем определения расстояния и направления. Кроме этого, ведутся наблюдения над ветром и волнением моря. Промежутки времени между наблюдениями за вехой зависят

от скорости течения и применяемой шкалы дальности радиолокатора (при работе с несколькими вехами обычно используется пятимильная шкала). При наблюдениях со стоящего на якоре судне выставляют заякоренную веху с мощным отража-

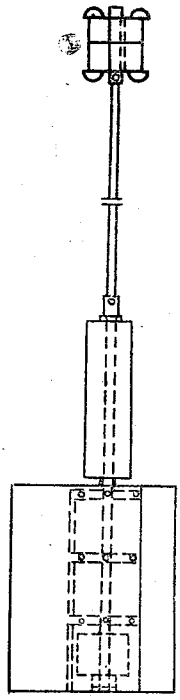


Рис. 60. Вращающаяся радиолокационная веха ААНИИ.

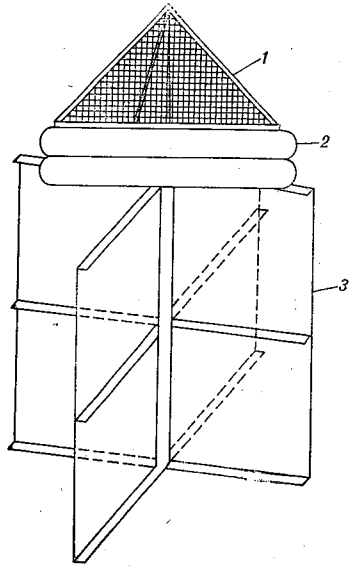


Рис. 61. Радиолокационный буй М-2.

1 — пирамидальный отражатель; *2* — пенопластовый поплавок; *3* — парус.

телем, по отношению к которой определяют местоположение судна и перемещения на течении радиолокационных вех.

Для наблюдений над течениями на больших глубинах применяют парашютные буксиры и буи нейтральной плавучести. Парашютный буксир (рис. 62) состоит из следующих частей: поддерживающего пенопластового буя *1* со штангой с пассивным отражателем или флагом, авиационного парашюта *7*, трехмиллиметрового троса необходимой длины *3*, зажима-размыкателя *4* и посыльного груза *2*, груза *6* для обеспечения устойчивости системы. По окончании наблюдений судно подходит к бую и сбрасывается посыльный груз *2*. После сраба-

тывания размыкателя *4* сопротивление парашюта при подъеме будет незначительным и парашютный буксир поднимают на палубу.

Буи нейтральной плавучести представляют собой трубу из алюминиевого сплава, с обоих концов закрытую герметическими крышками. Нижняя часть трубы несет сигнальное устройство, а верхняя обеспечивает плавучесть буя. Сигнальное устройство состоит из вибратора, возбудителя акустических сигналов и батарей питания. Плавучесть буя регулируется предварительно при погружении его в солевой раствор заданной плотности с учетом плотности на горизонте предполагаемого опускания. В зависимости от плотности воды и сжатия буя определяют число дополнительных грузиков, помещаемых в верхнюю часть трубы. Дрейфуя под действием течения, буй посылает ультразвуковые импульсы, которые принимаются двумя гидрофонами, устанавливаемыми в носовой и кормовой частях судна. Местоположение буя наносят на планшет, где строят траекторию его перемещения в горизонтальной плоскости (также осуществляется построение траектории перемещения буя и в вертикальной плоскости).

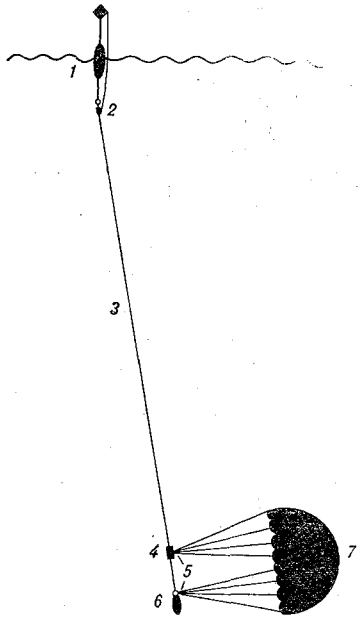


Рис. 62. Парашютный буксир.

1 — поддерживающий буй; *2* — посыльный груз; *3* — трос; *4* — зажим-размыкатель; *5* — марки на стропах; *6* — груз; *7* — парашют.

Наблюдения над перемещением поплавков могут производиться и с самолета. При этом применяют поплавки, представляющие собой мешочки из плотной ткани, наполненные красителем (уранином). Для обеспечения плавучести в мешочек помещают небольшой кусок пенопласта. В качестве демпфера используют жестяную пластинку прямоугольной формы, которую крепят к мешочку с помощью капроновой нити диаметром около 1 мм и длиной 2—3 м. Поплавки должны выдерживать удар о воду при сбрасывании с самолета, летящего со скоростью более 200 км/ч. (Методы наблюдения за этими поплавками описываются в п. 10.2.)

Обработка результатов наблюдений над течениями с помощью свободных поплавков заключается в получении их траекторий на планшете в определенном масштабе. Скорость движения поплавка (скорость течения) вычисляют путем деления пройденного поплавком расстояния на промежуток времени между двумя последовательными определениями его местоположения. Направление движения поплавка определяют с помощью транспортира.

10.2. Наблюдения над течениями с помощью аэрометодов

Методы наблюдений над течениями с самолета дают возможность получать практически синхронную картину распределения течений на значительных акваториях. Применяются два метода наблюдений: метод маршрутной аэрофотосъемки течений и радиогеодезический метод. Их сущность сводится к двухкратной (или многократной) аэрофотосъемке маркированной поплавками поверхности моря и определению координат поплавков.

Разработаны четыре варианта измерения течений методом маршрутной аэрофотосъемки:

1) аэрофотосъемка поплавков с непосредственной привязкой к берегу каждого снимка (поплавки разбрасывают в прибрежной полосе шириной 2—3 км, чтобы на каждом снимке получалось изображение поплавка и берега);

2) аэрофотосъемка маршрутов поплавков с привязкой к берегу одного конца маршрута — висячие маршруты (поплавки разбрасывают от берега в море по заранее определенному маршруту длиной до 8—10 км, а изображение берега попадает лишь на первые 1—2 кадра);

3) аэрофотосъемка маршрутов поплавков с привязкой к неподвижным объектам обоих концов маршрута длиной 40—45 км — замкнутые маршруты (в качестве неподвижных точек используют противоположные берега, буи и суда на якоре, изображение которых должно попасть на снимки);

4) аэрофотосъемка маршрутов поплавков со способом привязки, не требующая создания в море искусственной неподвижной точки (из разных пунктов берега в одну и ту же точку моря прокладывают два маршрута, образующие две стороны треугольника, в вершине которого находится общий для них поплавок).

Аэрофотосъемка производится специальными аэрофотоаппаратами на изохроматическую пленку с зеленым светофильтром (краситель поплавков дает в воде яркий изумрудный шлейф). Следует помнить, что аэрофотосъемка ограничивается высотой

облачности, условиями освещения, высотой Солнца (при больших высотах Солнца появляются блики), высотой волн.

На больших удалениях от берега используют радиогеодезический метод. При этом положение поплавков на снимках определяют относительно главной точки снимка, координаты которой считают совпадающими с координатами самолета в момент фотографирования и определяют методами радиогеодезии с погрешностью не более ± 10 м. Для обеспечения наблюдений на суше и самолете устанавливают совместно работающие радиогеодезические станции.

Вид маршрутной аэрофотосъемки определяется в зависимости от удаленности от берегов и морфометрии исследуемого района моря. Масштаб съемки выбирают с таким расчетом, чтобы изображения окрашенных пятен воды на снимках имели не менее 3 мм для точного дешифрирования поплавков. Необходимое количество поплавков рассчитывают по соотношению $n=L/(lm)$, где n — количество поплавков, L — длина маршрута, m — знаменатель масштаба съемки, l — расстояние между изображениями поплавков на аэрофотоснимке.

Перед съемкой должен выполняться рекогносцировочный полет, в котором проверяется работа радиогеодезической системы и фотографируются все необходимые опорные пункты привязки. Во время первого полета осуществляют сброс поплавков с малых высот во избежание их значительного сноса ветром (необходимо, чтобы на каждом снимке было изображение 5—6 поплавков). После сброса поплавков самолет направляется к началу залета, откуда через заданные интервалы времени производятся 2 или более следующих друг за другом полетов для фотографирования поплавков.

Обработку аэрофильмов производят в лаборатории. При их монтаже необходимо, чтобы на каждом кадре было не менее двух изображений одних и тех же поплавков. Негативы первого и второго маршрутов кладут на светокопировальном столе параллельно друг другу и на каждом из них одинаковыми номерами отмечают черной тушью одни и те же поплавки. Затем производят монтаж маршрутов, при котором со снимков на кальку переносят изображения неподвижных объектов в начале и в конце маршрута, а также изображения поплавков всех залетов. Поплавки с одинаковыми номерами на кальке соединяют стрелками, направленными от поплавка первого залета к поплавкам последующих залетов.

После получения векторов течений на кальке монтажа маршрутов вычисляют скорость течения по каждому вектору и определяют его направление (азимут). Скорость течения находят по формуле $V=S/\Delta t$, где S — путь поплавка (определяется путем измерения длины вектора на кальке и умноже-

нием ее на знаменатель масштаба аэрофотосъемки m, определяемый по показаниям радиовысотомера), Δt — разность между временем двух последовательных съемок (снимается с изображения часов на кадрах фильма). Для нахождения местоположения точек на кальке монтажа маршрута измеряют расстояния от берега до каждого из векторов течения и полученное число умножают на знаменатель масштаба аэрофотосъемки. Затем составляют в определенном масштабе схемы течений исследуемого района.

10.3. Вертушечный метод измерения характеристик морских течений. Вертушка морская модернизированная

Поплавочный метод дает пространственную схему течений, но не позволяет изучить изменчивость течений во времени. Этим целям служат приборы, называемые морскими вертушками, потому что приемником скорости в них является вращающийся на течении лопастный винт.

Большое распространение в океанографической практике получила вертушка морская модернизированная (ВММ), которая является концевой вертушкой разового действия (после каждого измерения ее поднимают на борт судна для снятия отсчетов и перезарядки). Действие ВММ основано на зависимости числа оборотов лопастного винта в единицу времени от скорости течения и свойстве магнитной стрелки устанавливаться по магнитному меридиану.

ВММ (рис. 63) состоит из литой рамы, лопастного винта, счетчика числа его оборотов, устройства для регистрации направления течения, переключающего механизма, руля и посыльных грузов.

Литая латунная рама *1* (рис. 63) может свободно вращаться на шарикоподшипниках вокруг оси *2*. На верхнем конце оси неподвижно укреплен направляющий стержень с прорезью *14* для троса лебедки, в огон которого пропускается винт. На нижнем конце оси навернуто ушко *4* для подвеса поддона. На двух консолях *7* и *11* укреплено защитное кольцо *8*, предохраняющее лопастный винт от механических повреждений. Торцы консолей связывает откидная штанга *9*, в которую вмонтирован передний подшипник винта. Задний подшипник находится в приливе *20* рамы.

Съемный лопастный винт *19* состоит из горизонтальной оси со втулкой на передней части и четырех спиц с лопастями, развернутыми по отношению к оси винта на 45°. На заднем конце оси имеется червячная нарезка, с которой связано зубчатое колесо счетчика оборотов *18*. К консоли *11* прикреплен

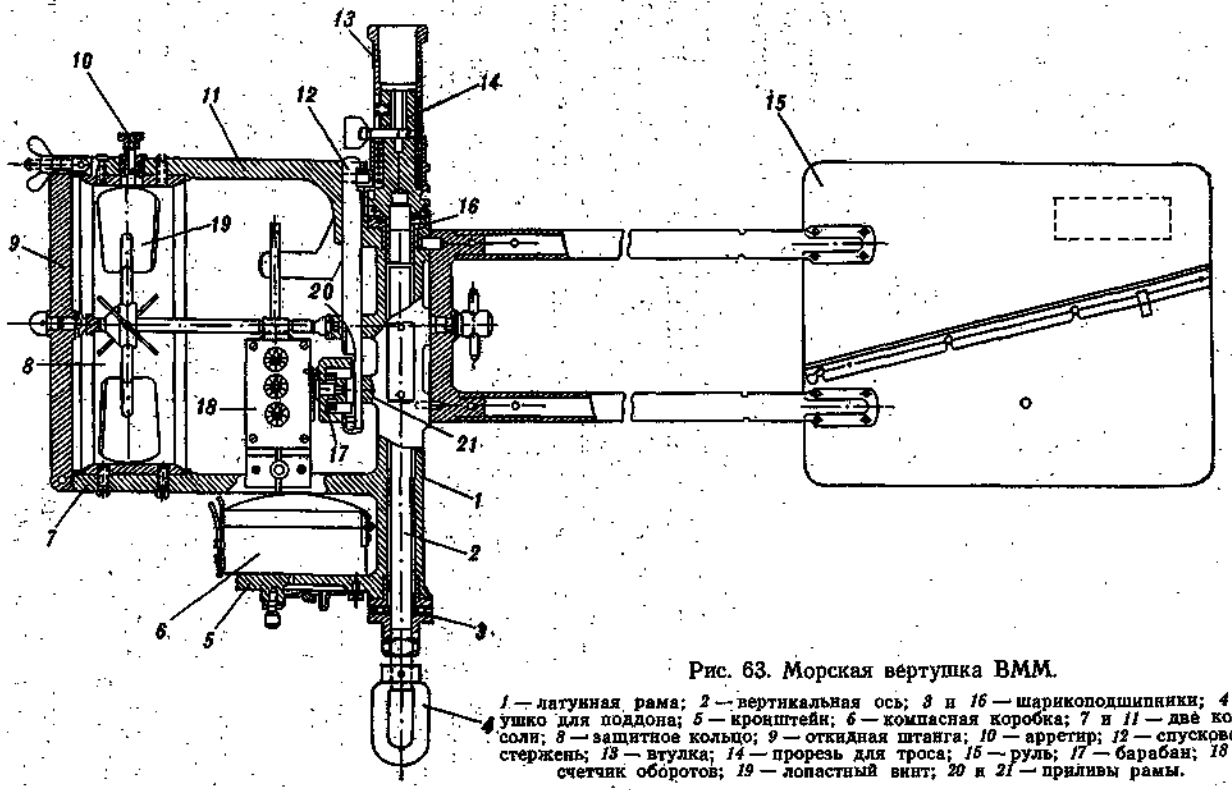


Рис. 63. Морская вертушка ВММ.

1 — латунная рама; *2* — вертикальная ось; *3* и *16* — шарикоподшипники; *4* — ушко для поддона; *5* — кронштейн; *6* — компасная коробка; *7* и *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* и *21* — приливы рамы.

арретир *10*, препятствующий вращению лопастного винта вхолостую. В комплект ВММ входят два винта: утяжеленный (с начальной скоростью вращения 3,5—4,5 см/с для работы на больших скоростях течения) и облегченный (с начальной скоростью 2 см/с для работы при малых скоростях).

Счетчик *18* заключен в прямоугольную коробку и состоит из трех шестеренок со стрелками-указателями (по верхнему циферблату отсчитываются десятки и единицы оборотов, по среднему — сотни, а по нижнему — тысячи оборотов). В коробке счетчика имеется трубка-магазин *10* (рис. 64), в которую закладывается 20—23 бронзовых или латунных шарика диаметром 3 мм. Нижний шарик упирается в обод диска *7*, находящегося на оси верхней шестеренки счетчика внутри цилиндра *8*, внутренний диаметр которого несколько больше диаметра диска. На

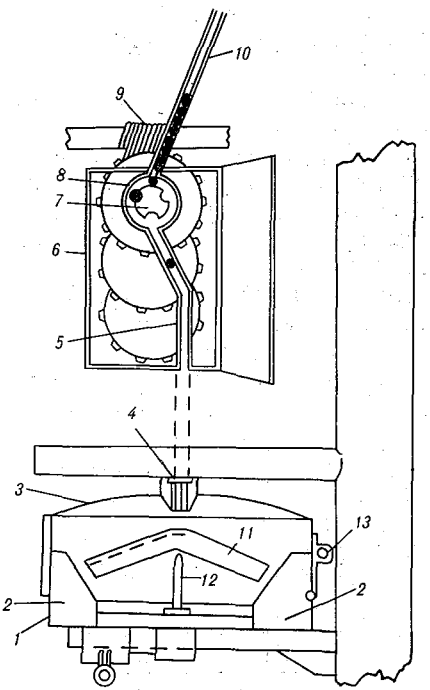


Рис. 64. Механизм измерения направления и скорости течений вертушки ВММ.

1 — компасная коробка; *2* — перегородки; *3* — крышка; *4* — отверстие; *5* — трубка; *6* — коробка счетчика; *7* — диск; *8* — цилиндр; *9* — нарезка; *10* — трубка-магазин; *11* — магнитная стрелка; *12* — шпилька; *13* — прилив.

окружности диска имеются три выемки, расположенные на равных расстояниях друг от друга. 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 через нее попадает в компасную коробку *1*. В центре коробки на шпильке *12* находится магнитная стрелка *11*, имеющая в средней части углубление и желоб вдоль верхней поверхности северного конца стрелки. Компасная коробка разделена высокими перегородками на 36 секторов (по 10° в каждом), пронумерованных от 0 до 35 против часовой стрелки. В крышке *3* коробки имеется отверстие *4* для прохода шарика, который по северному концу стрелки скатывается в один из секторов, что дает

возможность после подъема ВММ видеть, какие сектора коробки находились под северным концом магнитной стрелки, т. е. куда было направлено течение. В связи с тем, что при наблюдениях происходит рассеивание шариков, частично связанное с отражением их от перегородок между секторами, рекомендуется убрать из коробки диск с нанесенными на нем странами света. В этом случае дно коробки окажется ниже секторов, и отраженные от перегородок шарики останутся на дне и не будут приниматься в расчет при вычислении направления течения.

Для включения и выключения счетчика оборотов служит переключающий (спусковой) механизм, состоящий из барабана *17*, укрепленного на приливе *21* рамы *1* (рис. 63) с плоской спиральной пружиной внутри и пальцем снаружи, спускового стержня *12* и втулки *13*. В нижнем вырезе барабана *17* имеются два зубца, в верхнем — один. Два зубца находятся также на нижнем конце спускового стержня *12*. При возвратно-поступательном движении стержня зубцы поочередно освобождают и останавливают барабан.

Взаимодействие зубцов барабана и спускового стержня позволяет барабану устанавливаться в трех положениях: первое и третье (холостой взвод барабана) — счетчик выключен, второе (рабочий взвод барабана) — счетчик включен. Перед опусканием в воду барабан с помощью находящегося на нем рычажка ставят на холостой взвод. При этом палец барабана, входящий в прорезь пластинки счетчика, отклоняет счетчик на шарнире назад и разъединяет червячную нарезку на оси винта с шестеренкой счетчика.

Счетчик оборотов включается и выключается последовательными ударами посыльных грузов по втулке *13* (рис. 63), внутри которой находится пружина, удерживающая втулку в верхнем положении. На нижней части втулки имеется кольцевой вырез, в который входит ролик, находящийся на верхнем конце спускового стержня. Опускание втулки под действием посыльного груза передается посредством ролика стержню, освобождающему барабан. Последний под действием пружины начинает поворачиваться до тех пор, пока верхний зубец его не упрется в верхний зубец спускового стержня. Пружина втулки разжимается, и втулка со стержнем возвращается в верхнее положение. Барабан ставится на рабочий взвод (счетчик подается вперед и его шестерня сцепляется с червячной винтовой нарезкой на оси лопастного винта). При ударе второго груза взаимодействие частей переключающего механизма повторяется — втулка и связанный с ней стержень опускаются. Нижний зубец стержня освобождает барабан, который вращается до отказа и отклоняет счетчик назад. При

этом разъединяется шестеренка счетчика с червячной нарезкой оси лопастного винта. Стрелки счетчика перестают вращаться и показывают число оборотов за промежуток времени между ударами первого и второго посыльных грузов.

При эксплуатации ВММ чаще всего обнаруживаются следующие неисправности и повреждения:

1) при ударе посыльного груза механизм не срабатывает, что может быть связано с ослаблением силы удара груза при большом наклоне троса (необходимо подвесить более тяжелый поддон) или с излишней жесткостью пружины втулки (необходимо сменить пружину);

2) в вертушку набивается песок (необходимо ее тщательно промыть) или водоросли (необходимо их осторожно снять);

3) число оборотов счетчика не соответствует числу выпавших шариков, что может произойти из-за неправильного зацепления верхней шестерни счетчика с червячной нарезкой оси лопастного винта (неисправность обнаруживается осмотром зубцов шестеренки и винтовой нарезки червячной передачи);

4) магнитная стрелка размагнитилась (стрелку необходимо подмагнитить путем натирания ее половинок разноименными полюсами брускового магнита; «подъемная сила» стрелки должна составлять 75 г);

5) неисправности в работе могут быть связаны с задержкой в выпадении шариков (необходимо проверить прохождение всеми шариками счетчика и тщательно промыть их в чистом бензине, а счетчик — чистой водой).

10.4. Буквопечатающая вертушка

Буквопечатающая вертушка БПВ (или ее вариант — электрифицированный самописец течений ЭСТ) предназначена как для регистрации течений с судна, так и для постановки на автономных буйковых станциях. БПВ является автоматическим прибором и дает возможность получать большое количество измерений через определенные интервалы времени без подъема на поверхность для отсчета и перезарядки, т. е. БПВ относится к разряду измерителей течений многократного действия.

Буквопечатающие вертушки изготовлялись в нескольких вариантах: БПВ-2р (для глубин до 250 м), БПВ-2 (до глубин 1200 м) и др. Все варианты имеют практически одинаковые регистрирующие механизмы и отличаются друг от друга только устройством корпуса, рулей и лопастных винтов.

Принцип работы БПВ следующий. Вращение лопастного винта посредством магнитной муфты передается регистрирующей части прибора. Через заданные промежутки времени

автоматически включается сцепление лопастного винта с диском скорости, поворачивающимся на угол, пропорциональный скорости течения. Включение и выключение диска скорости осуществляется часовым механизмом. Время, в течение которого диск скорости связан с лопастным винтом, называется временем экспозиции. Одновременно с ее началом освобож-

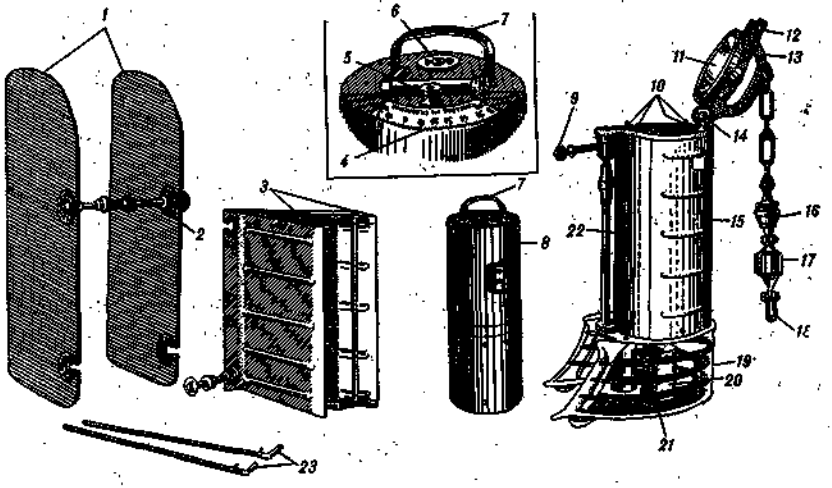


Рис. 65. Основные узлы самописца течений БПВ.

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.

дается арретир магнитной картушки, устанавливающейся в плоскости магнитного меридиана. По окончании экспозиции автоматически срабатывает печатающий механизм, который наносит краску на резиновые цифровые шкалы диска скорости и магнитной картушки и прижимает к ним бумажную ленту. На ленте остаются отпечатки истинного направления течения (поправка на склонение вводится автоматически) в градусах и скорости в сантиметрах в секунду.

Рассмотрим устройство БПВ-2р, которое состоит из корпуса, лопастного винта, руля и регистрирующего механизма.

Корпус *22* (рис. 65) изготовлен в виде пустотелого латунного цилиндра с днищем и укреплен на массивном основании *19*, являющемся ограждением лопастного винта *20*. Сверху корпус закрывают герметично крышкой *11* при помощи откидного болта с гайкой. К корпусу прибора крепится руль, состоящий из двух рулевых пластин *1* и обтекателей *3*. Послед-

ние крепятся к корпусу при помощи двух шпилек *23* с загнутыми концами. Рулевые пластины укреплены на концах обтекателей при помощи держателей *2*.

БПВ-2р подвешивают к тросу при помощи цепочки *18*, между чекелями которой находятся разделительный изолятор *17* и вертлюг *16*. К основанию прибора прикреплен откидной рым для подвески концевого груза — поддона.

Лопастный винт состоит из металлических лопастей в форме полуцилиндров и вращается в корундовых подшипниках. Вращение винта *1* (рис. 66) передается при помощи магнитной муфты через водонепроницаемое днище *2* корпуса регистрирующему механизму.

Регистрирующий механизм *8* (рис. 65) состоит из управляющего, лентопротяжного и печатающего устройств. На его верхней торцевой части, представляющей защитный металлический чехол, расположены откидная ручка *7*, дисковый замок *6*, шкала поправок на магнитное склонение и гайка для крепления чехла. На рис. 66 показана кинематическая схема прибора, а на рис. 67 дан общий вид регистрирующего механизма со снятым чехлом.

Источником энергии для работы механизма служат две последовательно соединенные пружины *3* (рис. 66), усилие которых передается при помощи шестерен *22* часовому механизму и печатающему устройству. Часовой механизм приводит в движение управляющее устройство, основными деталями которого являются управляющий и минутный диски со звездообразной пружинной шайбой *2* (рис. 67) и установочный индекс *4*. Диски соединены между собой шпилькой и насажены на ось часового механизма. Они делают один оборот в час, вращаясь против часовой стрелки. Ход часового механизма регулируется балансиром *1*, закрытым чехлом. Управляющий диск состоит из двух скрепленных между собой ободов с впадинами, расстояние между которыми соответствует интервалу времени между отпечатками на ленте. В комплект прибора входит 6 дисков с интервалами 5, 10, 15, 20, 30 и 60 мин.

По ободу управляющего диска скользит спусковая собачка *4* с двумя зубцами *а* и *б* (рис. 66), один из которых скользит по внешнему ряду впадин, а второй — по внутреннему ряду (*б*). На одну ось с собачкой насажена анкерная вилка *7*, имеющая два зубца *а* и *б*. Когда зубец *а* собачки западает во впадину, зубец *а* анкерной вилки опускается и задерживает поводок *5*, который останавливает вращение распределительного валика *20*. Когда же во впадину западет зубец *б* собачки *4*, зубец *а* анкера *7* освободит поводок *5*. При этом 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*. При вращении валика *20*

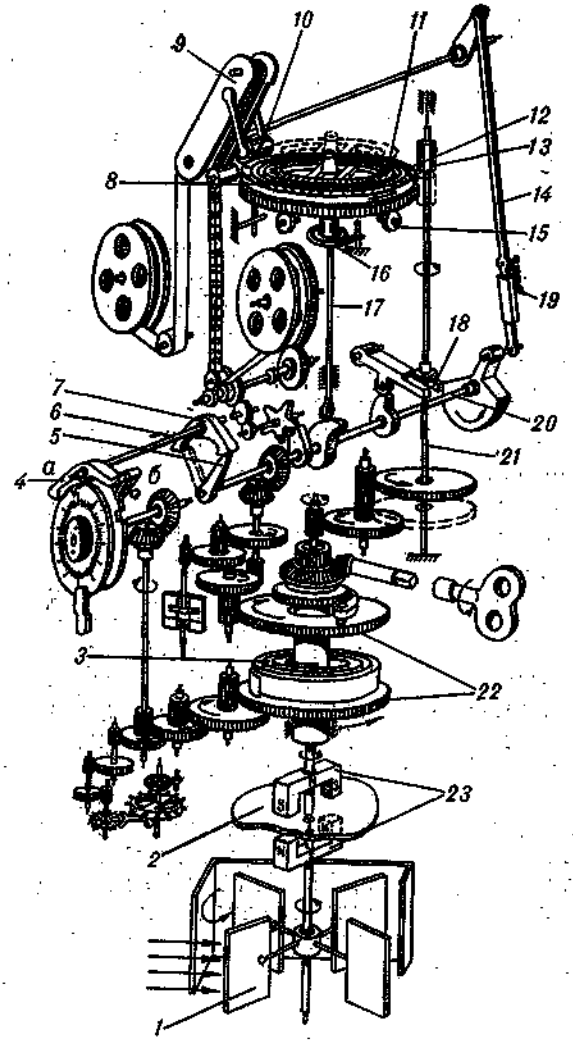


Рис. 66. Кинематическая схема самописца течений БПВ.

1 — лопастный винт; *2* — латунное днище; *3* — заводная пружина; *4* — спусковая собачка; *5* — поводок; *6* — ось спусковой собачки и анкерной вилки; *7* — анкерная вилка; *8* — резиновые штифты; *9* — печатающая каретка; *10* — фетровый валик; *11* — картушка; *12* — диск скоростей; *13* — трибка; *14* — шатун; *15* — ролики; *16* — держатель; *17* — толкатель; *18* — вилка; *19* — пружина шатуна; *20* — кулачковый валик; *21* — ось трибки; *22* — шестерни часового механизма; *23* — магниты.

происходят попеременно подъемы и опускания оси *21*. Когда зубец *а* собачки *4* попадает во впадину, ось *21* опускается, входит в зацепление при помощи надетой на нее трубки *13* с диском скоростей *12* и приводит его во вращение. Когда

зубец *6* анкера *7* задержит поводок *5*, ось *21* поднимется и выйдет из зацепления с диском скоростей.

В углублении диска скоростей помещается картушка *11*, которая надета на острие иглы, прикрепленной к рычагу *17*, связанному с эксцентриком валика *20*. Когда ось *21* опущена и находится в сцеплении с диском скоростей *12*, картушка *11* поднимается на игле и устанавливается в плоскости магнитного меридиана. После освобождения поводка *5* (см. рис. 66) картушка опустится в гнездо диска скоростей.

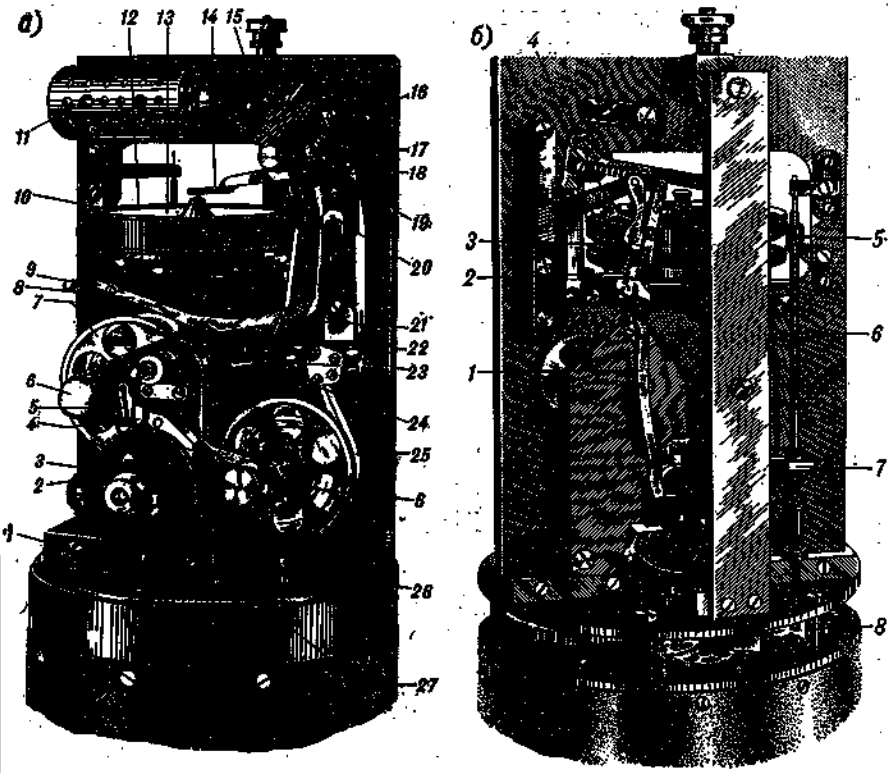


Рис. 67. Регистрирующий механизм БПВ.

а — вид спереди: *1* — балансир часов; *2* — звездообразная пружинная шайба; *3* — минутный диск; *4* — установочный индекс; *5* — спусковая собачка; *6* — ось катушек; *7* — катушка; *8* — качающийся тормоз; *9* — рукоятка тормоза; *10* — диск скоростей; *11* — влагопоглотитель; *12* — резиновые штифты; *13* — диск направлений; *14* — предохранительная лапка; *15* — направляющая шпилька; *16* — козырек; *17* — печатающая каретка; *18* — держатель; *19* — фетровый валик; *20* — неподвижный ролик; *21* — козырек; *22* и *23* — зубчатые ролики; *24* — рукоятка отжимного ролика; *25* — катушка; *26* — арретир; *27* — управляющий диск; *б* — вид сзади: *1* — шатун; *2* — пружина шатуна; *3* — ролики; *4* — регулировочный винт прижатия каретки к штифтам; *5* — трибка; *6* — ось трибки; *7* — вилка; *8* — маховик-ветряк.

Над диском скоростей *12* находится печатающая каретка *9*, связанная при помощи шатуна *14* с эксцентриком валика *20*. На каретке укреплен фетровый валик *10*, пропитанный штемпельной краской.

Как только картушка опустится в гнездо диска *12*, каретка *9* также опускается, а валик *10*, прокатываясь по штифтам диска и картушки, смазывает их краской. После этого каретка прижимает к штифтам ленту, на которой производится оттиск шрифтов, показывающих направление и скорость течения. При вращении валика 20 происходит вращение зубчатых роликов *22* и *23* (рис. 67) и диска, ободок которого оклеен сукном. Катушка *25* прижимается осью к ободку этого диска и вращается вместе с ним. Зубчатые ролики *22* и *23* протягивают ленту, которая наматывается на катушку *25*. Таким образом, лента проходит от катушки *7* к катушке *25* через ролик на печатающей каретке и между зубчатыми роликами.

Перед началом работы производятся следующие проверки БПВ:

1) проверка герметичности корпуса (прибор с завинченной крышкой без регистрирующего механизма, с бумагой, натертой сухим порошком синьки, опускается на несколько часов на предельную глубину погружения. При обнаружении течи производится смена резиновой прокладки);

2) проверка вертлюга (на нем не должно быть следов коррозии, вращение на оси должно происходить плавно, без заеданий и хруста);

3) проверка лопастного винта (он не должен иметь повреждений, должен свободно вращаться и иметь осевой люфт 0,3—0,5 мм. При наклоне прибора на 10—15° лопасти винта не должны сдвигаться);

4) проверка силы сцепления магнитной муфты и внутренних передач в регистрирующем механизме (при вращении лопастного винта в момент экспозиции диск скоростей должен вращаться);

5) проверка компасной картушки (производится серия отпечатков; у исправного прибора разброс в показаниях за счет трения картушки на игле не должен превышать 1°);

6) проверка диска скоростей (проверяется возвращение диска после экспозиции в нулевое положение);

7) проверка лентопротяжного и печатающего устройств (при исправной работе отпечатки должны быть четкими и равноудаленными друг от друга). Качество отпечатков зависит от правильности смазки ролика краской, от регулировки печатающей каретки при помощи винта *4*, а также от правильности наматывания ленты на катушку *25* (рис. 67);

8) проверка времени экспозиции (производится несколько раз с помощью секундомера по нескольким дискам. Среднее время экспозиции не должно отличаться от указанного в паспорте прибора более чем на 5 %. Время экспозиции регулируется при помощи винта спусковой собачки *5*);

9) проверка суточного хода часов (производится по радиосигналам времени, хронометру или выверенным часам в течение нескольких суток при установке диска с интервалом 60 мин. Ошибка хода часов в отрегулированных часах не должна превышать 2 мин за сутки).

К недостаткам БПВ относятся:

1) неполная сопоставимость данных по скорости и направлению течения (отсчет мгновенного значения направления и осредненной за интервал около 200 с скорости);

2) недостаточная чувствительность корпуса при ориентации по направлению при скорости течений до 10 см/с;

3) значительный разброс данных по направлению при колебаниях в слое, захваченном волнением, или при колебаниях точки подвеса БПВ;

4) значительное влияние вертикальных перемещений БПВ на точность данных по скорости.

На базе БПВ в 1963 г. в ААНИИ был разработан электрифицированный самописец течений ЭСТ, принцип действия которого аналогичен принципу действия БПВ (только вместо пружины двигателем механизма является электромотор, питающийся от батареи с напряжением 6,5 В). ЭСТ имеет ряд преимуществ по сравнению с БПВ: увеличение длительности автономной работы, уменьшение рыскания магнитной картушки под влиянием волн, уменьшение влияния волн на работу лопастного винта, наличие счетчика отпечатков и контрольного узла для проверки работы лентопротяжного механизма, улучшение устойчивости в потоке и начальной чувствительности.

10.5. Методы измерения характеристик течений с помощью вертушек

Подготовка вертушек ВММ к измерениям заключается в следующем:

1) вертушку вынимают из укладочного ящика, откидывают штангу и осторожно устанавливают лопастный винт в подшипниках, а затем закрепляют штангу откидным винтом с барашком;

2) прикрепляют к раме с помощью зажимного винта руль (при работе на волне устанавливаются малые горизонтальные пластины руля и на вертикальную плоскость прикрепляется

груз-балансир). Собранная вертушка ВММ помещается в специальную деревянную стойку;

3) к ушку вертикальной оси прикрепляют поддон, который должен быть свинцовым или бронзовым (при чугунном или железном поддоне расстояние между ним и ВММ должно быть не менее 2—4 м);

4) присоединяют ВММ к тросу, для чего, отвернув винт, заводят огон троса в прорезь направляющего стержня, пропускают в огон винт и завинчивают его до отказа;

5) надевают на кронштейн шарниром к оси вертушки компасную коробку, предварительно установив на ось магнитную стрелку, и закрепляют ее винтом;

6) при вращающемся лопастном винте взводят барабан спускового устройства;

7) заряжают магазин счетчика 20—23 шариками с помощью брала* и записывают в книжку число оборотов по счетчику с точностью до одного оборота.

Измерения параметров течений с помощью ВММ производятся в следующей последовательности:

1) выводят вертушку за борт и опускают до поверхности воды;

2) устанавливают стрелки блок-счетчика на нули и опускают ВММ на заданную глубину с учетом угла наклона троса;

3) выждав не менее одной минуты, опускают по тросу первый посыльный груз, одновременно включив секундомер (время посылки первого груза в минутах записывают в книжку КГМ-7 (или КГМ-5) как момент начала наблюдений на данном горизонте);

4) выдерживают вертушку на заданной глубине (продолжительность наблюдений зависит от скорости течения и не должна превышать 15 мин);

5) по истечении установленного времени посылают второй груз, выключая секундомер, и записывают в книжку продолжительность наблюдений в секундах;

6) выдержав время, необходимое для добегания второго посыльного груза до вертушки, равномерно поднимают ее на поверхность;

7) застопоривают лопастный винт, снимают посыльные грузы и убеждаются путем осмотра в срабатывании вертушки;

8) производят отсчет по счетчику оборотов с точностью до одного оборота и записывают его в книжку;

---

* Специальное приспособление, входящее в комплект ВММ. Все операции с шариками рекомендуется выполнять только с его помощью во избежание загрязнения поверхности шариков и их последующей коррозии.— *Прим. ред.*

9) снимают компасную коробку, открывают ее, подсчитывают число выпавших шариков в каждом секторе коробки и результаты записывают в книжку, указывая номера секторов против движения часовой стрелки;

10) высыпают шарики в ванночку с небольшим количеством чистого бензина или спирта, а вертушку помещают в стойку (при наличии большого разброса шариков наблюдения на данном горизонте повторяются).

После окончания работ ВММ разбирают, промывают в пресной воде все детали и просушивают, а затем смазывают трущиеся части спускового механизма не густеющим при низких температурах маслом. Лопастный винт протирают ватой, навернутой на тонкую палочку и слегка смоченной в спирте или бензине, после чего вытирают насухо папиросной бумагой. Смазывать подшипники и цапфы оси винта нельзя, так как при этом нарушаются условия градуировки прибора. Также нельзя смазывать диск счетчика оборотов с выемками для шариков во избежание прилипания последних к поверхности диска.

Вертушка хранится в укладочном ящике.

Буквопечатающую вертушку подготавливают к работе в следующем порядке:

1) устанавливают в регистрирующем механизме управляющий диск в зависимости от интервала времени между измерениями (при смене диска печатающий механизм выключается в тот момент, когда печатающая каретка начнет двигаться, чтобы сделать отпечаток);

2) вставляют ленту и проверяют правильность прохождения ее через ролики, а также степень зажатия ее зубчатыми роликами;

3) смазывают краской валик (при выключенном часовом механизме);

4) заводят ключом пружину регистрирующего механизма, положив его набок (полный завод равен 80 оборотам);

5) производят контрольные отпечатки, включив часовой механизм и медленно вращая рукой управляющий диск против часовой стрелки;

6) устанавливают минутный диск по контрольным часам, совмещая деление на минутном диске с неподвижным индексом (после установки диска сматывают с катушки на катушку 3—5 см ленты, предварительно приподняв прижимный диск лентопротяжного устройства);

7) записывают карандашом на ленте дату и час, а в книжку наблюдений — время первого отпечатка;

8) соединяют и свинчивают части руля, который прикрепляют к корпусу прибора;

9) устанавливают в корпус регистрирующий механизм с учетом магнитного склонения в районе работ, для чего шпильку в корпусе БПВ совмещают с числовым значением, соответствующим магнитному склонению (шкала поправок на склонение находится в верхней части кожуха механизма);

10) прибор закрывают крышкой после смазки прокладки тальком или натуральным воском.

БПВ применяется как для разовых измерений с судна, так и для многосуточных измерений на буйковых станциях. При выполнении разовых измерений (обычно применяются управляющие диски с интервалом 5 или 10 мин) поступают следующим образом:

1) подготовленный к работе прибор при помощи скобы подвешивают к тросу, конец которого должен иметь огон с прочным коушем;

2) выводят БПВ за борт судна и опускают до поверхности воды, а затем ставят стрелки блок-счетчика на нули и опускают на заданную глубину со скоростью не более 1 м/с (прибор должен оказаться на заданном горизонте за 6 мин до момента отпечатка);

3) выдерживают прибор на заданном горизонте до тех пор, пока не будет получено не менее двух, а при качке не менее трех-четырех отпечатков. Затем БПВ опускают на следующий горизонт;

4) записывают в книжку время начала и конца измерений на каждом горизонте.

Многосуточные измерения характеристик течений с помощью БПВ обычно производят на буйковых станциях, когда на одном тросе подвешивают несколько приборов на специальных кронштейнах, которые обеспечивают вынос точки подвеса прибора от линии троса примерно на 80 см, что дает ему возможность поворачиваться кругом, не задевая трос. Способы постановки буйковых станций описаны в п. 10.7.

Основными правилами ухода за БПВ являются следующие:

1) предохранять прибор от ударов;

2) содержать в чистоте регистрирующий механизм (механизм постоянно хранится в корпусе прибора, а его чехол без надобности не снимается; воздух внутри механизма осушается при помощи силикагеля);

3) следить за чистотой шрифта, который можно промывать только пресной водой, а чистку производить жесткой щеткой;

4) не допускать отпотевания деталей регистрирующего механизма (прибор открывают только после того, как он примет температуру окружающего воздуха);

5) разборку и особенно регулировку механизма следует производить только в крайне необходимых случаях;

6) при попадании в корпус морской воды регистрирующий механизм немедленно промывают пресной водой с мылом (температура воды 30—40 °С). После промывки механизм тщательно высушивают, а затем сдают в ремонт;

7) по окончании работ корпус БПВ промывают пресной водой, протирают и укладывают в ящик. Часовой механизм при этом должен быть выключен, а пружина его должна быть спущена. Все никелированные части и резьбу смазывают вазелином.

10.6. Обработка показаний морских вертушек

Показания морских вертушек ВММ записываются в соответствующие графы книжек КГМ-5 или КГМ-7. При этом разброс шариков указывают следующим образом: большим числом отмечают номер сектора компасной коробки, а маленьким снизу и справа — количество шариков, выпавших в этот сектор.

Перед началом обработки производят критический просмотр результатов измерений, при котором сопоставляют количество оборотов лопастного винта с количеством выпавших шариков (произведение количества выпавших шариков на 33 должно отличаться от количества оборотов лопастного винта не более чем на 33). При просмотре разброса шариков отбрасывают единичные шарики секторов, отклоняющихся от крайних пределов сектора преобладающего выпадения более чем на 90°. При значительном разбросе шариков в районах со слабыми течениями результат обработки помещают в скобки, как вызывающий сомнение.

Первичную обработку показаний ВММ можно выполнять арифметическим или геометрическим способами, для выбора которых определяют угол между крайними секторами выпадения шариков. Если этот угол меньше $(30° + 4n)$, где n — общее количество выпавших шариков, то применяют арифметический способ, если же угол больше $(30° + 4n)$ — геометрический.

Обработку показаний ВММ арифметическим способом производят следующим образом:

1) определяют количество оборотов винта в секунду (до 0,01 об/с). Для этого разность отсчетов конечного и начального показаний счетчика оборотов делят на время наблюдений в секундах;

2) по найденной величине находят по тарировочной кривой, прилагаемой к каждой ВММ, искомую скорость в сантиметрах в секунду. Для удобства вместо определения скорости по кривой составляют тарировочную таблицу, в первом столбце которой записывают число оборотов винта в секунду с точностью

до десятых долей, сотые доли указывают в подзаголовке таблицы. Значения скорости течения в сантиметрах в секунду записывают на соответствующих пересечениях строк и столбцов таблицы;

3) вычисляют среднее направление течения за время наблюдения, умножая номер каждого сектора на число выпавших в него шариков и деля полученную сумму произведений на общее число выпавших шариков. Результат умножают на 10, так как каждый сектор соответствует 10°.

Пример. В компасную коробку выпало 10 шариков: $34_3 35_2 0_3 2_3$. Среднее направление течения (магнитное) равно

$$\frac{34 \cdot 3 + 35 \cdot 2 + 36 \cdot 3 + 38 \cdot 2}{3 + 2 + 3 + 2} \cdot 10 = 356.$$

В полученный результат вводят поправку на магнитное склонение компаса. Склонение прибавляют, если оно восточное, и вычитают, если оно западное.

Скорости и направления течения вычисляются геометрическим способом обычно с помощью векторного круга или ветрочета. К стрелке-указателю круга подводят деление, соответствующее направлению первого вектора, и откладывают от центра круга вверх в произвольном масштабе (например, в 1 см 1 шарик) отрезок, равный числу шариков, выпавших в данный сектор. Конец вектора отмечают на верхнем круге точкой. Затем подводят к стрелке деление, соответствующее направлению второго вектора, и от полученной ранее точки откладывают вверх в том же масштабе второй отрезок и т. д. Совместив конец последнего вектора с верхней половиной вертикальной оси нижнего круга, получают у стрелки искомое магнитное направление результирующего течения. Разделив расстояние между концом последнего вектора и центром круга на общее количество выпавших шариков, находят коэффициент рассеивания шариков, который умножают на среднюю наблюденную скорость, вычисленную по показаниям счетчика оборотов, и получают среднюю скорость течения.

Обработка показаний БПВ заключается в снятии с ленты значений скорости и направления течений и записи этих значений в журнал наблюдений КГМ-22, а также в определении времени и горизонта, к которым относятся данные значения.

Направления течения печатаются на ленте числами от 0 до 35, соответствующими десяткам градусов. Скорость течения в сантиметрах в секунду печатается более мелкими числами от 0 до 148. Отпечатанные на ленте числовые значения относятся к их серединам. Отсчет направления и скорости течения производят по цветной линии, имеющейся на ленте (направле-

ние отсчитывают в градусах, а скорость — в сантиметрах в секунду).

Время и горизонт, к которым относится данный отпечаток, вычисляют исходя из времени первого отпечатка и времени начала и конца наблюдений на данном горизонте. При непрерывной работе свыше 24 ч необходимо вводить поправку на ход часов БПВ, которую вычисляют по разности между показаниями минутного диска регистрирующего механизма при подъеме и истинным временем в этот момент. Ход часов также контролируют по числу выполненных на ленте отпечатков.

Снятые отрезки ленты приклеивают в соответствующую графу журнала КГМ-22. При этом отпечатки должны быть ориентированы выпуклостями вниз, а каждая пара отпечатков должна начинаться с отпечатка направления.

Аналогичным образом производят обработку показаний ЭСТ.

10.7. Влияние судна и его движений на показания вертушек. Методы постановки буйковых станций

Измерения характеристик течений с помощью вертушек с судна имеют достаточную точность при соблюдении следующих условий:

1) неподвижности судна;

2) исключении искажающего влияния корпуса судна на течение;

3) исключении влияния судового железа на магнитную стрелку вертушки.

Однако стоящее на якоре судно вследствие непостоянства действующих на него внешних сил все время находится в движении. Движения судна подразделяются на поступательно-возвратные перемещения по направлению к якорю и от него, вращения вокруг якора и вращения вокруг форштевня. Эти движения вносят большие искажения в показания вертушек. Наибольшими из них являются искажения при поступательно-возвратных движениях судна, скорость которых может достигать 30 см/с.

Для уменьшения перемещений судна при глубинах до 50 м рекомендуется производить постановку судна на два якоря. На больших глубинах такая постановка сложна и не обеспечивает необходимой неподвижности судна. Поэтому для исключения из показаний приборов ошибок следует возможно чаще определять место и курс судна, рассчитывать скорость и направление его перемещения и вычитать их из показаний вертушек.

Судно вносит искажения в показания вертушек также вследствие образующихся вокруг его корпуса обтекающих струй. Для уменьшения таких искажений рекомендуется опускать приборы с наветренного борта и удалять их от борта не менее чем на четверть ширины судна.

Значительное влияние на показания магнитных стрелок вертушек оказывает судовое железо. Это влияние зависит от магнитных свойств корпуса судна и уменьшается с погружением прибора. Обычно вертушки с магнитными стрелками применяют с глубин, превышающих тройную осадку судна.

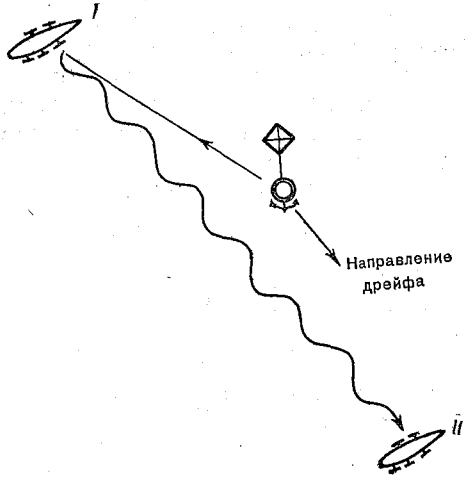


Рис. 68. Определение течений по радиолокационным измерениям места судна относительно неподвижной вехи.

В тех случаях, когда судно не может стать на якорь, измерения течений производят в дрейфе. Способ измерения течений с дрейфующего судна состоит в том, что вертушкой регистрируют равнодействующую течения и дрейфа судна и одновременно определяют дрейф судна. Истинное течение находят после исключения дрейфа из показаний вертушки.

В настоящее время дрейф судна обычно определяют радиолокационным методом относительно неподвижной радиолокационной вехи. Порядок наблюдений при этом следующий:

1) в заданной точке выставляют заякоренную радиолокационную веху;

2) после приблизительного определения направления дрейфа судно проходит противоположным дрейфу курсом за буй на расстояние порядка трех миль (рис. 68) и в пункте *I* ложится в дрейф;

3) с наветренного борта опускают на заданные горизонты вертушки;

4) одновременно определяют по радиолокатору положение судна относительно вехи (такие определения повторяют каждые 10—15 мин до тех пор, пока судно не пройдет за веху и не удалится от нее на расстояние около трех миль);

5) после последнего определения места судна заканчивают измерения с помощью вертушек.

Циклы измерений повторяют несколько раз, причем судно каждый раз возвращается в пункт *1*. Количество циклов зависит от скорости дрейфа и условий определения места судна по радиолокатору.

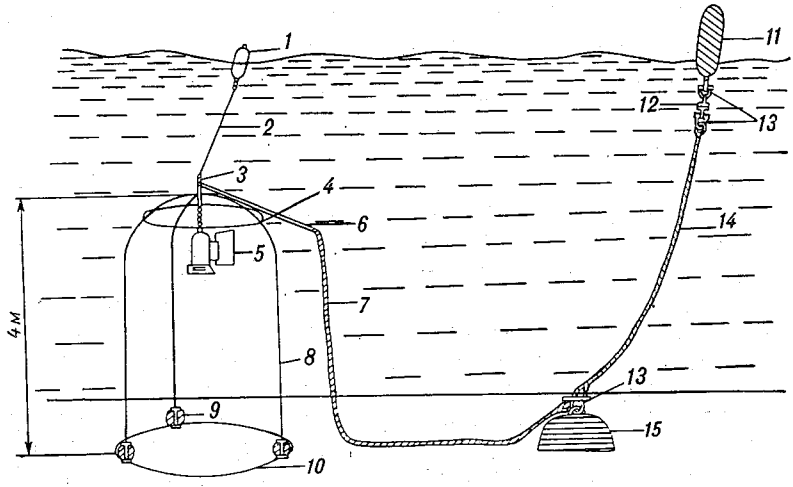


Рис. 69. Донная автономная станция для малых глубин.

1 — поплавок; *2* — трос; *3* — трубка; *4* — кольцо; *5* — самописец течений; *6* — трубка; *7* — базовый трос; *8* — каркас; *9* — грузы; *10* — основание; *11* — сигнальный буй; *12* — вертлюг; *13* — скобы; *14* — буйреп; *15* — донный якорь.

Местоположения судна наносят на карту (план), а обработку результатов измерений производят следующим образом:

1) снимают с карты значение дрейфа и делят его на промежуток времени между двумя определениями положения судна (направление дрейфа определяют с помощью транспортира);

2) обрабатывают показания вертушек за каждый промежуток времени, для которого определялся дрейф;

3) определяют скорость и направление течения, для чего из результирующего вектора течения и дрейфа (показания вертушки) вычитают вектор дрейфа (обычно при помощи ветрочета).

Как было отмечено в п. 3.4, для наблюдений над течениями широко применяют автономные буйковые станции (АБС), что дает возможность получить более надежные и точные данные. Способы постановки АБС могут существенно отличаться друг

от друга в зависимости от имеющегося оборудования и условий постановки буйковых станций. Выбор типа АБС определяется задачами, продолжительностью действия, глубиной места, гидрометеорологическими условиями (волны, течения, льды и др.) и интенсивностью судоходства.

Для изучения придонных течений на глубинах до 10 м применяются донные автономные станции типа «колокол» или «пирамида», основу которых составляет каркас *8* (рис. 69), состоящий из трех стоек, опирающихся на кольцевое (или треугольное) основание *10*. Высота колокола (пирамиды) равна 4 м, диаметр — 3 м. Стойки и основание изготавливаются из металлических труб диаметром 40 мм. Для устойчивости у основания стоек надевают грузы *9*. На концах отрезка трубы *3* имеются кольца для подвешивания самописца течений *5* и прикрепления базового троса *7* (длиной 20—30 м). Длина буйрепа *14* в 1,5 раза больше глубины. Якорь *15* удерживает сигнальный буй *11*. Для обозначения места каркаса к его вершине крепится трос *2* с поплавком *1*. В месте постановки каркаса сначала тщательно измеряют глубину моря и отмеряют необходимую длину базового троса и буйрепа. Собранный на палубе каркас соединяют с базовым тросом и выводят за борт с помощью грузовой стрелы, а затем устанавливают на дно. Судно подтягивается на якоре, а трос в это время постепенно расстилается по дну (с дрейфующего судна эта операция производится по мере натягивания троса в результате дрейфа). При появлении места соединения с буйрепом к нему прикрепляется якорь, который выводится за борт и опускается на дно. К концу буйрепа крепится сигнальный буй. Для облегчения поиска установки в створе надводных буев и на расстоянии 300—400 м от них устанавливается сигнальная веха.

Постановка АБС на средних глубинах (от 50 до 1000 м) производится с одним или двумя поддерживающими буями. Два буя (рис. 70) особенно целесообразны в районах с сильными течениями и большими перепадами глубин. Широко применяется также постановка АБС с притопленным поддерживающим и поверхностным сигнальным буями. Основу такой станции (рис. 71) составляет притопленный буй *6* со становым тросом *5*, к которому на кронштейнах подвешивают самописцы *4*. Буй крепится к тросу по системе скоба—вертлюг—скоба—такелажная цепь 1,5—2 м — скоба—коуш. Становой трос *5* к якорю *2* крепится по той же схеме, что и к бую, только в верхнее звено цепи вставляется соединительное кольцо *3*, размеры которого позволяют завести в него две скобы (одна из скоб служит для присоединения базового троса *1*, прокладывающегося по дну до якоря *8*, удерживающего сигнальный буй *7*).

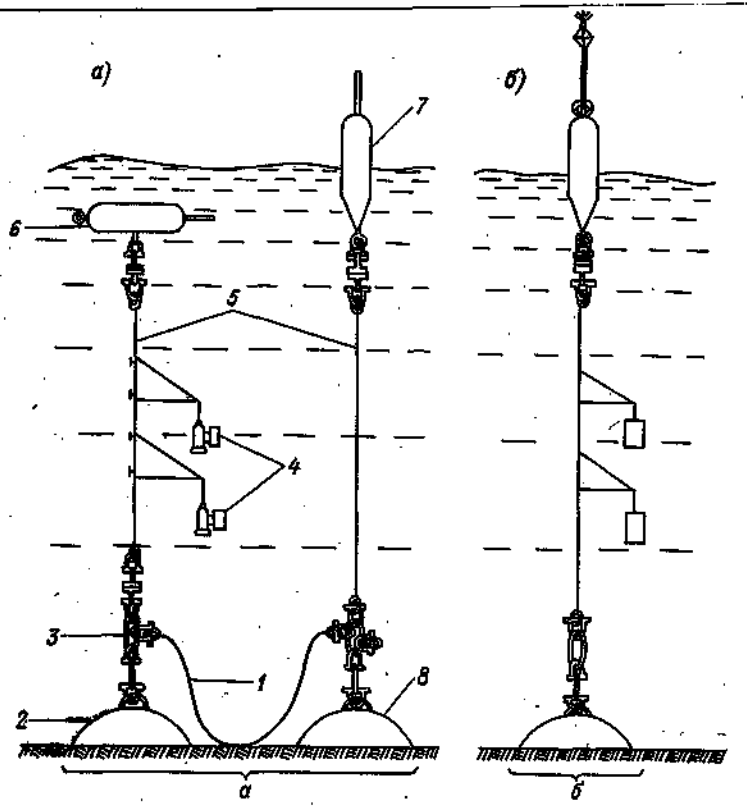


Рис. 71. Типы буйковых станций.

а — с притопленным держащим буем; *б* — с надводным буем.
1 — бавовый трос; *2* — якорь держащего буя; *3* — соединительное кольцо; *4* — самописцы; *5* — становой трос; *6* — притопленный буй; *7* — сигнальный буй; *8* — якорь сигнального буя.

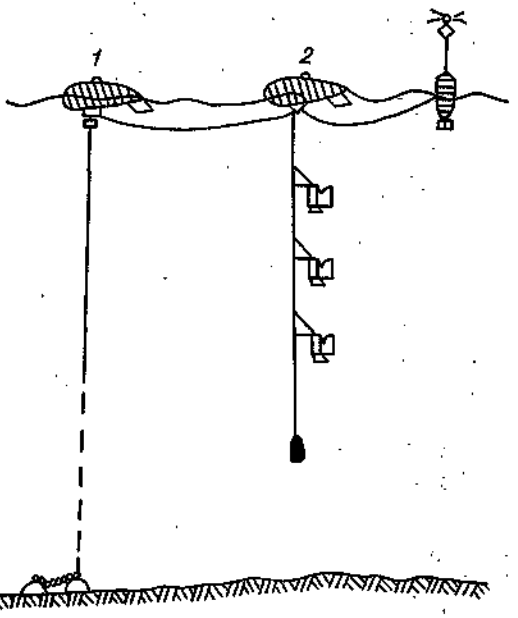


Рис. 70. Схема буйковой станции для средних глубин.

1, 2 — поддерживающие буи.

На больших глубинах с целью уменьшения погрешностей, связанных с рывками самописцев в верхних горизонтах под действием волн, нашли применение АБС с притопленным под-

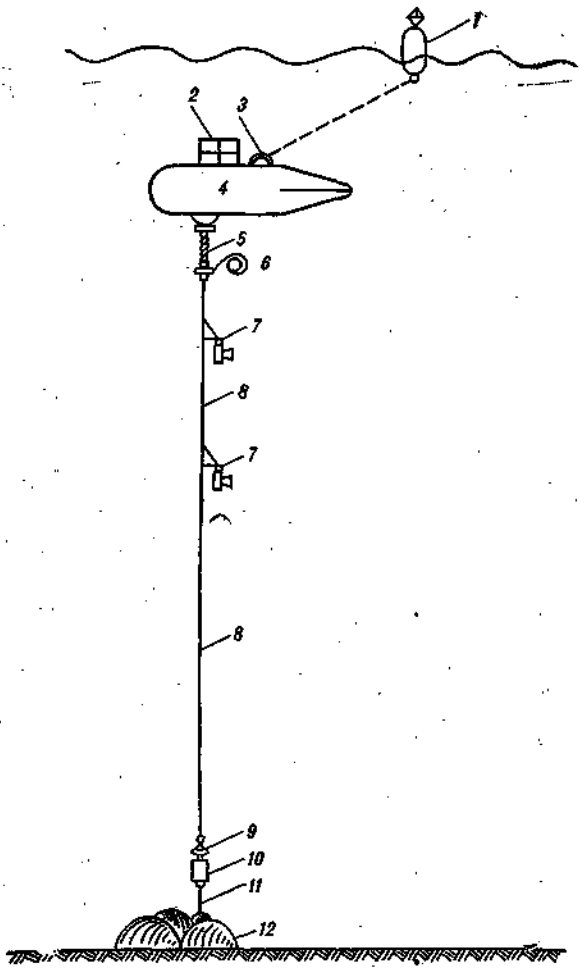


Рис. 72. Схема станции с притопленным буем для больших глубин.

1 — сигнальный буек; *2* — уголковый отражатель; *3* — верхний рым с подъемным стропом; *4* — притопленный буй; *5* — цепь с двумя вертлюгами; *6* — заводной конец буйрепа; *7* — кронштейн с приборами; *8* — буйреп; *9* — вертлюг; *10* — размыкатель троса; *11* — якорный трос; *12* — якоря.

держивающим буем (рис. 72). Для облегчения подъема такой станции применяют акустические размыкатели троса *10*, служащие для отсоединения буйрепа от якоря буйковой станции перед всплытием по команде с судна. Размыкатель троса представляет собой приемное устройство, принимающее частотно-модулированный сигнал, поступающий от бортового гидроакустического передатчика, и управляющее работой замка.

Постановку и подъем АБС осуществляет палубная команда под руководством капитана. Расчет плавучести буя, тросовых и якорных систем производит начальник океанографического отряда или старший инженер. Члены этого отряда подготавливают самописцы, подвешивают и снимают их с троса.

Постановка АБС осуществляется с наветренного борта судна, находящегося в дрейфе, при волнении не более 5 баллов (высота волн до 2—3 м). На больших глубинах (более 1000 м) применяется несколько способов постановки АБС. Если постановку начинают с якоря и последним опускают буй, то такой способ называется «якорь—буй». Его недостатком является то, что в конце постановки, когда якоря уже достигли дна, а буй еще не принял всей нагрузки АБС, судно некоторое время стоит на якоре буйковой станции, что грозит обрывом буйрепа. При втором способе сначала опускается на воду буй, затем травится трос с приборами и последней опускается якорная система (способ «буй—якорь»). Этот способ имеет еще больше недостатков:

1) буй ложится на воду горизонтально, а при этом мачта оказывается в воде, что может привести к ее поломке;

2) при отдаче якорей трос скручивается, а при этом могут образоваться петли и может произойти обрыв буйрепа;

3) при падении якорная система может повредить подвешенные приборы.

Свести к минимуму эти недостатки позволяет «комбинированный» способ. Схематическая последовательность постановки этим методом дана на рис. 73.

При постановках АБС должны выполняться следующие рекомендации:

1) обязательно должен быть произведен расчет массы станции при максимально возможных динамических нагрузках от ветра, волн и течений (запас плавучести поддерживающего буя должен быть не менее 15—20 %);

2) при работе должны использоваться ширококипные канифас-блоки, через которые может свободно проходить буйреп с вертлюгами, скобами, коушами;

3) соединение тросов со скобами, вертлюгами и между собой должно осуществляться только через огоны с коушами;

4) все скобы должны быть надежно зашплинтованы;

5) скорость погружения и подъема приборов не должна превышать 1,5 м/с;

6) все работы при постановке и подъеме АБС должны проводиться в строгом соответствии с правилами техники безопасности;

7) особое внимание должно уделяться точности определений координат АБС и глубины места.

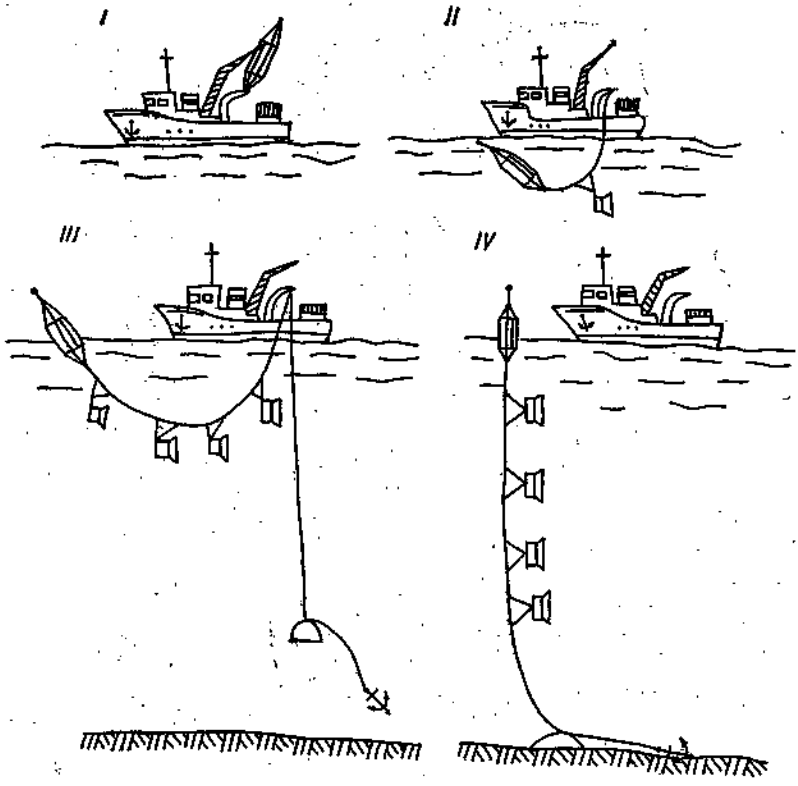


Рис. 73. Схема постановки АБС комбинированным способом.

Вопросы и задания

1. Что представляет собой навигационный метод наблюдений?
2. Как осуществляются наблюдения с помощью свободных поплавков?
3. Что представляют собой парашютные буксиры и буи нейтральной плавучести?
4. В чем заключаются авиационные наблюдения над течениями?
5. Каково устройство и принцип действия вертушки ВММ?
6. Каково устройство буквопечатающей вертушки?
7. В чем заключается подготовка ВММ (БПВ) к измерениям?
8. Каков порядок измерений течений с помощью ВММ (БПВ)?
9. Как производится обработка показаний ВММ (БПВ)?
10. Каково влияние судна и его движений на показания вертушек?
11. Каковы основные методы постановки буйковых станций?
12. Как производятся измерения вертушками с дрейфующего судна?

Глава 11
ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРОЗРАЧНОСТИ И ЦВЕТА МОРЯ

11.1. Белый диск и шкала цветности воды

Определение прозрачности моря с помощью белого диска и оценка цвета воды по шкале цветности являются наиболее распространенными наблюдениями над прозрачностью и цветом моря. Они отличаются большой простотой, но дают лишь качественную оценку оптических свойств поверхностного слоя моря и не имеют однозначной связи с какими-либо оптическими характеристиками воды.

Белый диск представляет собой металлический диск *1* (рис. 74), диаметром 300 мм и толщиной 5 мм, выкрашенный белой 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. Снизу под диском на этой же трубке укреплен металлический груз-поддон *4*, отделенный для избежания коррозии от диска резиновой прокладкой. Груз предназначен для того, чтобы диск не относило течением в сторону и чтобы диск натягивал линь.

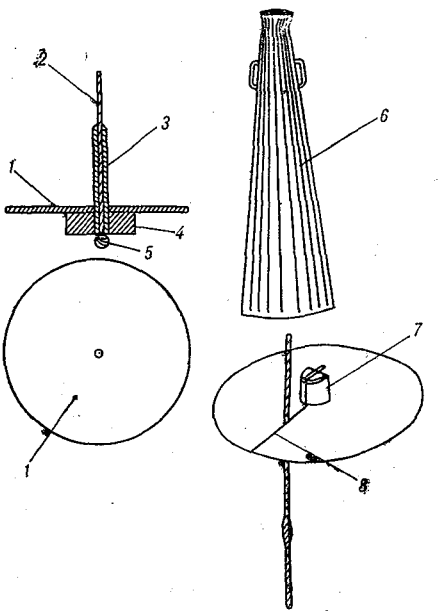


Рис. 74. Диск белый для определения прозрачности моря.

1 — диск; *2* — трос; *3* — латунная труба; *4* — груз; *5* — узел; *6* — труба; *7* — грузик; *8* — прорезь.

При проверке исправности диска обращают внимание на следующее:

1) диск должен быть плоским и не иметь на поверхности раковин, вмятин и других дефектов;

2) окраска диска должна быть ярко-белого цвета, лежать ровным слоем и не иметь потеков и пузырей. Под действием морской воды она не должна отслаиваться и размягчаться. Груз-поддон должен быть окрашен черной краской;

3) трубка не должна быть погнутой и должна легко входить в отверстия груза и диска;

4) диск на тросе должен находиться в горизонтальном положении.

Раньше диск обычно опускали на специально размеченном растительном лине, однако в настоящее время диск опускают в море на тросе океанографической лебедки. В этом случае предварительно через латунную трубку *2* пропускают отрезок троса, на концах которого делают огоны с коушами. К верх-

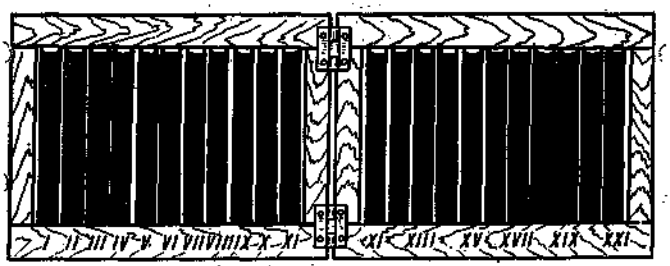


Рис. 75. Шкала цветности воды.

нему огону прикрепляют скобой ходовой конец троса лебедки, а к нижнему — концевой груз массой 15—20 кг для обеспечения тросу вертикального положения.

Для большего удобства в работе конструкция диска может быть несколько изменена. В диске и грузе-поддоне делают радиальный вырез *8* (рис. 74) от центра к краю. Латунную трубку снимают и вместо нее на верхней части диска укрепляют с помощью винтов посыльный груз 7 от морской вертушки. Его окрашивают в белый цвет с целью сохранения отражающих свойств диска. Поворотом головки посыльного груза диск закрепляют на тросе. Для предотвращения сползания диска на трос надевают марку, которая входит в отверстие груза и не позволяет диску опуститься ниже.

Вместо посыльного груза можно снизу к диску прикрепить зажимное устройство от батометра или рамы для глубоководных опрокидывающихся термометров. В этом случае кроме латунной трубки удаляют и груз-поддон. Это дает возможность прикреплять диск на любом участке троса одновременно с опусканием других приборов.

Для определения цвета воды (точнее, цвета поверхностного слоя моря) применяется шкала цветности (рис. 75), состоящая из 22 запаянных стеклянных пробирок с цветными растворами. Диапазон определения цвета устанавливается от темно-синего (типичный цвет океанской воды) до коричневого (цвет болотной воды). Пробирки вставляются в две деревянные рамки,

которые помещаются в специальную оправу. Левая рамка содержит пробирки с номерами от I до XI, а правая — от XI до XXI (номер XI повторяется). Номера пробирок соответствуют следующим цветам: I и II — синему, III и IV — голубому, V и VI — зеленовато-голубому, VII и VIII — голубовато-зеленому, IX и X — зеленому, XI и XII — желтовато-зеленому, XIII и XIV — зеленовато-желтому, XV и XVI — желтому, XVII и XVIII — коричневато-желтому, XIX и XX — желтовато-коричневому, XXI — коричневому.

Между рамкой с пробирками и крышкой футляра прокладывают листы белой мелованной бумаги и черной фотографической бумаги.

Транспортировку и хранение шкал цветности производят при температуре окружающего воздуха от 4 до 30 °С и относительной влажности 80—90 %. При отрицательных температурах растворы в пробирках замерзают и пробирки лопаются.

При проверке шкалы цветности обращают внимание на следующее:

1) пробирки не должны иметь трещин, не должны качаться в рамках при их переворачивании;

2) в цветных растворах не должно быть выпавших солей в виде осадков;

3) футляр и рамка должны быть исправны (в футляре должен быть лист бумаги с черной и белой сторонами).

Цветные растворы не отличаются большим постоянством и быстро обесцвечиваются, особенно если не предохранять их от воздействия солнечных лучей. Поэтому находящиеся в эксплуатации шкалы цветности необходимо не реже одного раза в год сравнивать с образцовыми, которые хранят в темноте и выносят на свет только для поверки рабочих шкал. При этом в рабочей и образцовой шкалах откидывают из футляров рамки с пробирками, устанавливают рабочую шкалу под образцовой и внимательно просматривают каждую соответствующую пару пробирок на просвет в рассеянном свете на белом фоне. Если при этом установят, что цвет раствора в какой-либо пробирке поверяемой шкалы не совпадает с цветом раствора в образцовой пробирке на целый номер и более, то такую шкалу бракуют.

11.2. Производство наблюдений над прозрачностью и цветом воды

Наблюдения над прозрачностью (глубина, на которой белый диск становится невидимым) производят с помощью белого диска с теневого борта судна, чтобы избежать попадания в глаз

наблюдателя отраженного поверхностью моря солнечного света.

При наблюдениях с помощью модернизированного диска прозрачность определяют следующим образом. Опускают за борт на тросе лебедки концевой груз (лучше груз опустить полностью в воду для уменьшения раскачивания его при волнении), крепят диск с помощью зажимного устройства и опускают его до поверхности моря, устанавливают стрелки блок-счетчика на нули и снова опускают. На пределе видимости диска, попеременно опуская и поднимая его, производят отсчет по блок-счетчику. Рекомендуется опускать диск глубже глубины его исчезновения на 1—2 м и медленно поднимать через 5—10 с (чтобы исчезло кажущееся изображение диска). Наблюдения повторяют несколько раз (отсчеты не должны отличаться один от другого более чем на 5 %). Из всех отсчетов берут среднее, которое и записывают в книжку наблюдений. При этом учитывают поправку на наклон троса. В случае волнения отсчеты глубины исчезновения диска производят в моменты прохождения гребня и подошвы волны. Из этих отсчетов берут среднее.

Во время работ с низкобортного судна наблюдения могут производиться через специальную трубу, имеющую форму рупора (рис. 74). Труба позволяет устранить влияние на глаз наблюдателя света, отраженного поверхностью моря. Длина трубы обычно 60—70 см, диаметр нижнего конца 15—20 см, верхнего 3—5 см. Внутри трубу зачерняют. При наблюдениях ее погружают нижним концом в воду. Для уменьшения влияния солнечных бликов также могут использоваться так называемые поляроидные очки. Следует, однако, помнить, что для сравнимости материалов наблюдений измерение прозрачности необходимо производить всегда только одним способом. При наблюдениях на мелководье для исключения влияния окраски дна под белый диск можно подвести диск черного цвета диаметром 50 см.

Наблюдения над прозрачностью с помощью диска производятся только в светлое время суток и при высоте волн не более 1,5 м.

Одновременно с прозрачностью определяют и цвет воды. Там, где глубины превышают значение прозрачности, цвет определяют на белом фоне диска, поднятом на глубину, равную половине прозрачности. Просматривая пробирки на фоне белой бумаги, устанавливают, какому номеру пробирки соответствует цвет воды. Этот номер записывают римскими цифрами в книжку наблюдений. Если трудно отдать предпочтение двум смежным оттенкам, то ставят номера обеих пробирок шкалы, соединяя их знаком тире.

С судов на ходу цвет можно определять двумя способами:

1) на фоне волны, образующейся у форштевня судна, путем просмотра на просвет пробирок шкалы, ориентированной в этом направлении (рамку с пробирками вынимают из футляра);

2) на фоне самой воды (в этом случае под пробирки подкладывают черную бумагу).

Там, где глубины не достигают значения прозрачности, т. е. с судна просматривается дно, цвет определяют на черном фоне. При этом диск опускают как можно ближе ко дну.

При наблюдениях над прозрачностью и цветом моря в книжке наблюдений записывают дату и время наблюдений, координаты места, глубину и грунт дна, высоту глаза над поверхностью моря, количество и форму облачности, высоту волн.

Вопросы и задания

1. Каково устройство белого диска и шкалы цветности воды?
2. Каким требованиям должен удовлетворять белый диск?
3. Как производится сличение рабочей шкалы цветности с образцовой шкалой?
4. Как определяется прозрачность с помощью белого диска?
5. Какими методами определяется цвет моря с помощью шкалы цветности?

Глава 12
ПОДГОТОВКА ОКЕАНОГРАФИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ К МЕХАНИЗИРОВАННОЙ ОБРАБОТКЕ

12.1. Общие сведения

Современная технология обработки океанографической информации предусматривает широкое использование электронно-вычислительных машин (ЭВМ), что существенно ускоряет вычисления и улучшает их надежность. При обработке информации на ЭВМ появляется возможность получения многих статистических характеристик, сводных таблиц и графиков распределения океанографических элементов и др. Процесс обработки информации на ЭВМ предусматривает необходимость соответствующей подготовки и занесения этой информации на промежуточный технический носитель — перфоленту или перфокарту.

Информация на пятипозиционную бумажную перфоленту (ее ширина 17,5 мм) заносится в виде пробивок, образующих

определенные смысловые комбинации. Каждой строке на перфоленте соответствует двузначное восьмеричное число машинного кода, в который информация автоматически переводится при вводе ее с перфоленты в ЭВМ.

Для занесения океанографической информации на перфоленту используют различные перфорирующие устройства. Наибольшее применение на морских гидрометеорологических станциях нашли перфораторы РТА-50, Т-51, Т-56 и Т-63, которые являются телеграфными аппаратами (телетайпами) для приема—передачи и снабжены устройствами контрольной печати на широкую рулонную бумажную ленту. Размещение клавиатуры на телетайпах и система перфорации соответствуют международному телеграфному коду МТК-2. В этом коде телетайпы воспроизводят 78 знаков (цифры, буквы русского и латинского алфавитов, символы типа точек, запятых, скобок и т. д.). Большинство клавиш используется в нескольких регистрах в зависимости от смысла информации («рус.» для букв русского алфавита, «лат.» для букв латинского алфавита и «цифр.» для цифровой информации). Переход из одного регистра в другой осуществляется нажатием на одну из клавиш «рус.», «лат.» или «цифр.».

Перфолента имеет шесть продольных дорожек, из которых пять служат для пробивок, а шестая является синхронизирующей. Для каждой буквы, цифры, знака или символа используется от одной до пяти пробивок, размещенных на ленте в одной строке. Сочетания из пяти пробивок образуют 32 комбинации, из которых 26 используется в буквенном и цифровых регистрах. Нажатием на соответствующую клавишу обеспечивается одновременно перфорация на перфоленте и печать одного символа на широкой телетайпной ленте. Многократным нажатием на клавишу «рус.» производится пробивка продольной синхродорожки, не несущей смысловой нагрузки и удобной для выделения зон информации или их частей на перфоленте. В сочетании с пробивкой «лат.» пробивка «рус.» дает границы начала и конца зоны для ЭВМ (т. е. команды для ЭВМ начала и конца считывания информации с ленты).

В отличие от телетайпов перфораторы типа СТА-2МФ имеют упрощенную клавиатуру для перфорации в цифровом коде, имеющем существенные отличия от кода МТК-2. Так, в цифровом коде обязательна перфорация знака «+» перед положительными числами (в коде МТК-2 знак «+» перед положительными числами не перфорируется).

Для перфорации в цифровом коде также приспособлена клавиатура перфоратора типа «Консул» (этот перфоратор входит в комплект ЭВМ «Минск-32»).

Для контрольной печати на перфораторах типа СТА-2МФ применяется узкая (телеграфная) бумажная лента, а на перфораторах «Консул» — широкая бумажная лента (как и на телетайпах).

В качестве промежуточных технических носителей информации также применяются перфокарты, представляющие собой карточки из плотного электроизоляционного картона с гладкой и ровной поверхностью (размеры перфокарт: длина 187,4 мм, ширина 82,5 мм, толщина 0,18 мм). На лицевой стороне перфокарт нанесена цифровая сетка, образующая столбцы цифр от 0 до 9, которые называются колонками, и горизонтальные ряды — позиции. Колонки цифр пронумерованы. В гидрометеорологии нашли применение 80-колонковые перфокарты с пробивкой отверстий прямоугольной формы на ручных карточных перфораторах П80-6.

В настоящее время наибольшее применение в качестве промежуточного технического носителя информации получили перфоленты, которые обладают рядом преимуществ по сравнению с перфокартами. Так, по сравнению с перфокартой, плотность занесения информации на перфоленту выше в четыре раза, скорость записи на ленте выше в 3—4 раза, а скорость ввода информации с перфоленты в ЭВМ выше в 5—6 раз.

Кроме этого, в начале 70-х годов многие гидрометеорологические станции, гидрометеорологические обсерватории и крупные научно-исследовательские суда были оснащены телетайпами и был разработан целый ряд методических указаний по машинной обработке и контролю гидрометеорологической информации, в которых содержатся правила занесения информации на перфоленту для пунктов наблюдений.

12.2. Подготовка прибрежной гидрометеорологической информации к механизированной обработке

Прибрежная гидрометеорологическая информация заносится на перфоленту одним массивом в соответствии со специальным кодом, структура которого основана на системе «блоков» (отсюда и название «блочный код»). В каждом блоке сгруппирована информация по определенному признаку — составу наблюдений. Код позволяет кодировать полный объем прибрежной гидрометеорологической информации и состоит из 26 блоков, которые условно могут быть разбиты на 8 групп.

В нулевом блоке помещается главная призначная информация: ПРИБОЙ К, Z, U = (слово «ПРИБОЙ» является признаком наличия на ленте прибрежной информации, К — код пункта наблюдений, Z — год, U — месяц).

Первая группа блоков (блоки 1—3) содержит «срочную» информацию (число месяца, срок наблюдений, информация о срочных метеорологических и гидрологических наблюдениях), вторая группа (блок 4) содержит информацию о солености, третья (блоки 5—7) — данные о высоте уровня моря, четвертая (блоки 8—13) — данные о ледяном покрове, пятая (блоки 14—18) — информацию ледовых профильных наблюдений, специальных и маршрутных съемок поверхности ледяного покрова. При неполном объеме наблюдений можно не использовать один или несколько блоков.

Текст титульного листа основной сводной таблицы прибрежных гидрометеорологических наблюдений ТГМ-1М (блоки 19—22) и общие сведения о районе наблюдений (блоки 23—25) размещаются в конце перфоленты, так как в начале месяца они могут быть неизвестны.

Блоки 1—18 содержат информацию, относящуюся к определенному моменту времени, поэтому им должна предшествовать временная группа, в которой приводится дата и время наблюдения над элементами, содержащимися в тех или иных блоках. Временная группа начинается отличительным словом ВРЕМЯ и далее содержит шесть цифр (дата, часы и минуты). За временной группой следует отличительное слово, которое является началом блока (таких слов выбрано 31: ПРИБОЙ, МЕТ, СРОК, ГЛАЗ или ИНС, ХЛОР или СОЛЕН, УРОВ и др.), а затем — информация блока. За одной временной группой на перфоленте может следовать информация нескольких блоков, если наблюдения в них относятся к одному моменту времени.

При перфорации блоки рекомендуется разделить комбинацией символов «ПЕРЕВОД СТРОКИ» (символ «≡») и «ВОЗВРАТ КАРЕТКИ» (символ «<»). Знак «+» перед числами опускается, используется только знак «—» при отрицательных числах. Если впереди числа идут нули, то последние могут не перфорироваться. Символ «/» применяется в том случае, если явление отсутствовало или наблюдение над элементом не должно проводиться. Если исключительные обстоятельства не позволили произвести наблюдения или результат наблюдений забракован, то применяется символ «—». После каждой группы в блоке перфорируется символ «,», а после последней группы в блоке — символ «=», означающий конец блока.

Подробно содержание блоков кода и правила занесения прибрежной информации на перфоленту описаны в «Методических указаниях по машинной обработке и контролю данных гидрометеорологических наблюдений», вып. 9, часть I, раздел I, 1976 г.

Прибрежные гидрометеорологические наблюдения заносятся на перфоленту непосредственно из книжек КМ-1, КГМ-1М,

КГМ-2, КГМ-9 и с лент самописца уровня моря. После каждой суточной информации рекомендуется оставлять на перфоленте промежуток в виде синхродорожки длиной 3—5 см. В начале и конце ленты должны быть отперфорированы дорожки 1,5—2 м.

После окончания перфорации на свободных концах ленты делаются служебные надписи: название станции, месяц и год, индексы таблиц. Перфолента наматывается на пластмассовое или бумажное кольцо. Аналогичные служебные надписи выполняются и на широкой ленте.

Нанесение прибрежной информации на перфоленту на станции следует проводить регулярно по специальному графику. Для обнаружения ошибок перфорации применяется несколько способов контроля. Наиболее простым из них является способ «сравнения широкой телетайпной ленты с книжками наблюдений». Однако наиболее универсальным является более трудоемкий способ «сравнения перфоленты с книжками наблюдений», в котором участвуют два техника. Один из них считывает информацию с перфоленты, а другой сравнивает ее с записями в книжках наблюдений. Все ошибки исправляются в соответствии с правилами, изложенными в указанных выше «Методических указаниях».

Перфоленты с нанесенной информацией и широкой печатью высылаются по почте во Всесоюзный научно-исследовательский институт гидрометеорологической информации — Мировой центр данных (ВНИИГМИ—МЦД), где информация обрабатывается на ЭВМ.

12.3. Подготовка глубоководной океанографической информации к механизированной обработке

В настоящее время на ряде крупных научно-исследовательских судов установлены электронно-вычислительные машины, которые позволяют обрабатывать глубоководную океанографическую информацию сразу же после производства наблюдений. В этом случае отпадает необходимость в первичной обработке книжек наблюдений и составлении сводных таблиц.

В начале рейса по определенным макетам на перфоленту заносится справочная океанографическая и гидрохимическая информация (данные из всех сертификатов для глубоководных термометров и термометров-глубомеров, данные из гидрохимических сертификатов и др.). Все справочные данные имеют при полном объеме гидрохимических наблюдений $N+13$ массивов, где N — число глубоководных термометров и термометров-глубомеров (не более 99 глубоководных термометров и

47 термометров-глубомеров). Затем перфолента со справочной информацией вводится в ЭВМ и хранится на магнитной ленте в течение всего рейса.

После выполнения океанографической станции отсчеты всех параметров набиваются на перфоленту. При полном объеме наблюдений информация состоит из 16 массивов (массив или зона представляет собой число или ряд чисел на перфоленте с признаками начала и конца («границами») в цифровом коде и «лат.» в коде МТК-2).

Массив 1 содержит общие (призначные) сведения об океанографической станции, а также метеорологическую информацию и сведения о состоянии моря. Собственно океанографическая информация наносится на перфоленту четырьмя массивами: 2 — сведения о длине вытравленного троса и углах его наклона, 3 — номера глубоководных термометров и термометров-глубомеров, 4 — отсчеты вспомогательных термометров, 5 — отсчеты основных термометров и термометров-глубомеров. Количество массивов с гидрохимическими элементами переменное. При полном объеме их 9—10 (в зависимости от способа определения солености). Для индикации видов выполнения гидрохимических наблюдений на перфоленту наносится индексный массив 6. Нанесение этого массива и массива 10 (отсчеты хлора) или 11 (отсчеты лимба солемера) обязательно.

Перфолента с нанесенной на нее информацией океанографической станции вводится в судовую ЭВМ, которая осуществляет выбор и введение поправок из сертификатов, вычисление термометрических глубин, приведение горизонтов и др. ЭВМ также выдает сводную таблицу глубоководных гидрологических и гидрохимических наблюдений ТГМ-3М.

Средние и малые научно-исследовательские суда не оборудованы ЭВМ, поэтому результаты рейдовых и глубоководных наблюдений подвергаются предварительной ручной обработке и контролю, а затем помещаются в сводную таблицу ТГМ-3М, с которой информация заносится на перфоленту.

При подготовке к перфорации составляется специальный кодовый бланк рейса, в котором указывается наименование страны, научно-исследовательского учреждения, судна, номер рейса, количество станций, дата заполнения и подпись составителя, а также памятка перфораторщику. Затем заполняется таблица информации (табл. 17, 18), в которую выписываются трехзначные шифры всех параметров для первой по порядку станции в той же последовательности, в какой они записаны в таблицу ТГМ-3М.

Полный список шифров параметров приводится во «Временных методических указаниях по машинной обработке и контролю данных гидрометеорологических наблюдений», вып. 9, часть 3, раздел 1а, Обнинск, 1975 г.

Таблица 17

Пример заполнения таблицы информации в кодовом бланке для станций, приведенных к однообразному виду

		Граница
Таблица информации:	39) 275.	А 001. 003. 004. 005. 010. 016. 007. 022. 028. 037. 052. 067. 070. 0.85.
для первой по порядку станции		Б 9915. 320. 330. 340. 351. 355. 365. 370.
для 2-й станции		А 998. Б 9910. 998.
для 3-й станции		А 998, Б 9912. 998.
. . . . .		. . . .
для *n*-й станции		А 998. Б 9907, 998.

Таблица 18

Сокращенный список шифров параметров, помещенных в таблицу

Название параметра	Шифр	Название параметра	Шифр
Код страны	001	День выполнения конца станции	067
Код моря (океана)	003	Время выполнения конца станции	070
Код судна	004	Глубина моря	085
Октант	005	Время серии наблюдений	320
Широта начала станции	010	Наблюденный горизонт	330
Долгота начала станции	016	Температура воды	340
Квадрат Марсдена, 10°	007	Хлорность воды	351
Широта конца станции	022	Соленость воды	355
Долгота конца станции	028	Условная плотность	365
День выполнения начала станции	037	Условный удельный объем	370
Время начала станции	052		

Таблица информации для каждой станции начинается с отличительной буквы «А», которая является признаком начала таблицы информации и служит отличительным символом для призначных параметров станции и данных метеорологических наблюдений. За буквой «А» записываются трехзначные шифры

параметров (запись начинается с левого верхнего угла страницы таблицы ТГМ-3М построчно сверху вниз). После шифра в кодовом бланке обязательно ставится точка.

Признаком начала таблицы информации для глубоководной части океанографической станции служит буква «Б», за которой дается четырехзначный шифр «99NN», где «NN» — число горизонтов станции с одинаковым набором параметров на каждом горизонте. Затем, начиная с первого (или левого) по порядку параметра верхнего горизонта, выписываются слева направо шифры всех наблюденных параметров верхнего горизонта станции в такой же последовательности, как и в таблице ТГМ-3М.

При этом интерполированные горизонты вычеркиваются, так как их легко можно получить на ЭВМ.

Началом таблицы информации для второй по порядку океанографической станции является буква «А», записываемая в кодовый бланк с новой строки. Если набор параметров призначной и метеорологической частей этой станции не отличается от первой станции, в бланке после «А» записывается повторительный шифр «998». Затем записывается буква «Б», шифры «99NN» и «998» (последний шифр записывается в том случае, если набор параметров глубоководной части второй станции не отличается от набора параметра первой).

Общее число таблиц информации, начинающихся с буквы «А», должно быть равно числу станций в ТГМ-3М.

После кодирования всех параметров проверяется соответствие количества записанных в бланк шифров количеству зашифрованных параметров, соответствие записываемых шифров кодируемым параметрам и строгое соблюдение порядка записи шифров параметров (такой же порядок, как в ТГМ-3М).

Подготовленному кодовому бланку рейса присваивается архивный номер, который является поисковым признаком информации рейса при ее обработке и дальнейшем использовании в различных целях. При этом каждый кодовый бланк должен иметь свой, ранее неиспользованный архивный номер.

Архивный номер состоит из группы ААА)NNNN, где ААА — индекс морского учреждения (УГКС или НИУ), выполняющего нанесение информации рейса на перфоленту, NNNN — порядковый архивный номер рейса.

Шифры учреждений (ААА) и диапазон используемых архивных номеров (NNNN) для каждого учреждения (УГКС или НИУ) определены ВНИИГМИ—МЦД. Так, Северо-Кавказскому УГКС определен шифр 039 и диапазон архивных номеров от 250 до 9999. Морские отделы учреждений в зависимости от плана работ ежегодно выделяют группу архивных номеров для морских гидрометеорологических станций и гидрометеорологи-

ческих обсерваторий, выполняющих глубоководные океанографические наблюдения.

Информации подготовленного к перфорации рейса присваивается архивный номер, следующий за последним архивным номером (для простоты определения следует вести запись использованных архивных номеров). Присвоенный архивный номер записывается перед шифром первой станции рейса (перед первой буквой А) в кодовом бланке.

При перфорации группа ААА отделяется от группы NNNN символом «правая скобка» «)». В конце группы ААА)NNNN ставится символ «.» («точка»). В табл. 17 проставлен архивный номер 39)275.

Проверенный кодовый бланк с таблицей ТГМ-3М передается на перфорацию.

При нанесении глубоководной океанографической информации на перфоленту необходимо:

1) внимательно ознакомиться с памяткой для перфоратор-щика в кодовом бланке. Многократным нажатием на клавишу «рус.» пропустить свободный от перфорации кусок ленты с синхродорожкой длиной 1,5—2 м, а затем трижды набить символы «перевод строки» и «возврат каретки» (граница начала зоны);

2) в первую зону ленты наносится содержимое кодового бланка. Начальным символом этой зоны является буква «А». Затем перфорируются подряд все следующие за ней шифры параметров, которые разделяются символом точка. Перед перфорацией букв «А» и «Б» следует нажимать клавишу «рус.», а перед числовой информацией — клавишу «цифр». По мере необходимости при перфорации используются служебные символы «пробел», «перевод строки», «возврат каретки». В конце зоны перфорируются подряд две буквы «Ю», символ «лат.» (граница конца зоны) и синхродорожка длиной 60—80 см;

3) во вторую зону наносится информация первой по порядку в ТГМ-3М океанографической станции в строгом соответствии с порядком шифров в кодовом бланке. Сначала на ленту помещаются группы признаковой части и метеорологические данные (при этом перфорация осуществляется построчно слева направо и сверху вниз). Направление ветра и волнения, тип волнения и форма облачности наносятся русскими буквами. Отрицательные числа наносятся на перфоленту со знаком «минус», а дробные — с запятой;

4) в отличие от признаковой и метеорологической информации, глубоководная информация станции наносится на перфоленту по столбцам сверху вниз, начиная с левой колонки.

Пример. Пусть в ТГМ-3М глубоководная информация записана следующим образом (табл. 19):

Таблица 19

Содержание океанографической информации в ТГМ-3М

Время наблюдений		Горизонт, м	Температура, °С	Хлорность, ‰	Соленость, ‰
ч	мин				
10	20	0000	09,87	17,92	32,380
		0010	08,18	17,92	32,380
		0020	07,80	17,96	32,450
10	20	0030	07,44	18,03	32,570

Тогда после перфорации на широкой телетайпной ленте эти данные будут иметь следующий вид: 1020. 1020. 1020. 1020. 0. 10. 20. 30. 9,87. 8,18. 7,80. 7,44. 17,92. 17,92. 17,96. 18,03. 32,380. 32,380. 32,450. 32,570.

Информация последующих океанографических станций заносится на ленту в таком же порядке в последующие зоны. Таким образом, бобина с нанесенной на перфоленту информацией должна содержать $(n+1)$ зону, где n — число станций.

При исправлениях ошибок перфорации обязательно производятся соответствующие исправления на широкой телетайпной ленте. Для исправления ошибок используются три символа: «?», «Ш» и «Э», которые перфорируются в цифровом регистре. Символ «?» используется для исправления ошибок перфорации внутри группы (числа, слова). Если был неправильно отперфорирован предыдущий или находящийся в середине группы символ, но символ «точка» в конце этой группы еще не отперфорирован, то после неправильно отперфорированного символа или группы набивается символ «?», а вся группа перфорируется заново. Если же символ «точка» уже отперфорирован, то набивается символ «Ш» и заново все символы и числа, находящиеся на широкой телетайпной ленте в данной строке. Третий способ исправления ошибок применяется в случае их обнаружения в середине зоны при сличении таблицы с содержимым широкой телетайпной ленты, когда признак конца зоны еще не отперфорирован. В этом случае следует в конце зоны отперфорировать символ «Э», затем — границу конца зоны ЮЮЛАТ, а после этого — заново нанести на перфоленту всю зону. Исправленная информация снабжается надписью «исправленная».

В начале и конце перфоленты и на широкой телетайпной ленте чернилами делаются надписи: Рейс № ..., научно-исследовательское судно (НИС) ..., организация ..., вид информации, число зон в бобине, период наблюдений. При намотке перфоленты на приемник соблюдается следующее правило: если перфоленту держать узкой стороной к себе, то, закрепив

ее конец на приемнике, следует вращать ленту по часовой стрелке. Диаметр бобины не должен превышать 23—25 см, а в конце ленты должен оставаться кусок с синхродорожкой длиной 1,5—2 м. После окончания рейса перфоленты, широкая печать и опись материалов высылаются во ВНИИГМИ—МЦД для обработки на ЭВМ.

Таблица ТГМ-3М также приспособлена для переноса информации по 46-му макету на 80-колонковую перфокарту. Нанесение информации на перфокарту производится непосредственно из таблицы, согласно специальной инструкции. Для облегчения этой операции в графах ТГМ-3М проставлены номера колонок макета перфокарты.

12.4. Подготовка к механизированной обработке информации, получаемой от буквопечатающих вертушек и батитермографов

Информация, получаемая от буквопечатающих вертушек (БПВ), наносится на перфоленту либо из журналов КГМ-22, либо из таблиц ТГМ-16М. Последние также предназначены и для переноса информации на 80-колонковые перфокарты.

Нанесение информации об измеренных параметрах течений на перфоленту на одном горизонте производится двумя отдельными зонами. Первая зона содержит общие сведения о буйковой станции: шифр моря, номер рейса, шифр судна, номер буйковой станции, ее координаты, глубина моря в месте постановки буйковой станции, горизонт наблюдений, число, месяц и год, время первого отпечатка на данном горизонте (время начала наблюдений), дискретность наблюдений, невязка времени (в минутах со знаком минус, если часы БПВ ушли вперед, и со знаком плюс, если часы отставали), тип прибора (БПВ шифруется 1), номер прибора и количество рабочих отпечатков.

Во вторую зону заносится информация о направлении и скорости течений. Нанесение на ленту осуществляется одним числом (цифровой группой), состоящим из шести цифр. Первые три цифры указывают направление течения в градусах, последние три цифры — скорость течения в сантиметрах в секунду.

Пример. Если направление течения 147°, а скорость 24 см/с, то эти данные наносятся на перфоленту числом 147024.

Наносить на перфоленту впереди числа нули для дополнения его до шести цифр не требуется. Число от числа отделяется символом «.» (точка), который является признаком окончания цифровой группы. Если перед символом «.» нет цифр, то это

означает, что в ЭВМ вводится число «0». При неясном отпечатке на ленте БПВ на перфоленту наносится число 999999. Максимальное число шестизначных отпечатков в одной зоне не должно превышать 2600. Если же информация о параметрах течений на одном горизонте не помещается в одну зону, то оставшиеся отпечатки наносятся на ту же перфоленту как отдельный горизонт, т. е. в две зоны. Причем в одной из этих зон заново наносится справочная информация, относящаяся к этому горизонту, в другой помещаются оставшиеся отпечатки.

Зоны закрываются символом „✠".

Информация об измеренных параметрах течений может наноситься на перфоленту как в коде МТК-2, так и в цифровом коде (на перфораторах типа СТА-2МФ или «Консул»). При нанесении информации в цифровом коде необходимо перфорировать знак «+» перед положительными числами. Пропуск знака «+» является ошибкой.

Зоны на перфоленте отделяются друг от друга участком чистой перфоленты (символ «0» в цифровом коде или «рус.» в коде МТК-2) длиной 60—80 см. Целесообразно на одной перфоленте комплектовать информацию всех горизонтов одной буйковой станции. Общее число зон на перфоленте должно быть равно удвоенному количеству горизонтов на данной буйковой станции (половину зон будут составлять зоны со справочной информацией).

Исправление ошибок, допущенных при нанесении этой информации на перфоленту, имеет свои особенности. Из трех способов, перечисленных в параграфе 12.3, применяется только способ исправления ошибок внутри числа (при обнаружении ошибки до перфорации символа «.»). При этом при нанесении информации в цифровом коде необходимо отперфорировать 8—9 нулей и набить все число заново. При нанесении информации в коде МТК-2 перфорируется символ «?», после чего число наносится на перфоленту заново. Для исправления всех остальных ошибок необходимо заново нанести на отдельный кусок перфоленты информацию всей зоны, а затем вклеить этот кусок в перфоленту на место неверно нанесенной зоны. Соответствующие исправления должны быть сделаны и в соответствующем месте широкой телетайпной ленты.

По окончании перфорации производится контрольная считка нанесенной на перфоленту и широкую телетайпную ленту информации с журналом КГМ-22 или таблицей ТГМ-16М. На внешнем конце перфоленты и в начале широкой ленты делают надписи: Информация о характеристиках течений, измеренных с помощью БПВ, горизонты, наименование судна, номер рейса; номер буйковой станции, дата, дискретность.

Нанесение на перфоленту информации о температуре воды, измеренной с помощью батитермографа, осуществляется непосредственно из книжки КГМ-18М по следующей схеме:

1) синхродорожка длиной 1,5—2 м, символ «лат.» и синхродорожка длиной 5—7 см;

2) буква «Б» (признак начала станции) и трехзначный номер квадрата Марсдена;

3) шифр методики определения океанографических элементов в рейсе в соответствии с инструкцией по заполнению КГМ-18М;

4) широта (0 — признак северной широты, 1 — южной широты) и долгота (0 — восточная, 1 — западная);

5) год, месяц и день выполнения станции, глубина моря;

6) сведения о метеорологических элементах и состоянии моря (высота и период волн), температура поверхностного слоя моря, измеренная не батитермографом;

7) символ «/» (конец призначной информации станции), символы «перевод строки» и «возврат каретки»;

8) первый горизонт измерения (тремя цифрами) и исправленный отсчет по кривой на стекле батитермографа (тремя цифрами). При отрицательной температуре воды в середине группы из шести цифр наносится символ «—» (минус), а в конце группы — символ «/»;

9) аналогично наносится информация всех остальных горизонтов, причем шестизначные группы разделяются символами «/»;

10) синхродорожка длиной 5—7 см.

По окончании перфорации производится контрольная считка нанесенной на перфоленту и широкую телетайпную ленту информации с книжками КГМ-18М.

Информация последующих станций наносится аналогично. В одном массиве на перфоленте должно быть не более 50 батитермографных станций. В конце перфоленты шесть раз набивается символ «пробел», затем — синхродорожка длиной 5—7 см, символ «лат.» (граница конца) и синхродорожка длиной 60—80 см. Затем на перфоленте делают надпись: Информация о температуре воды, измеренной батитермографом, станции с № ... по № ..., количество станций... Такая же надпись делается в начале листа широкой телетайпной ленты.

Вопросы и задания

1. Что представляет собой промежуточный технический носитель для океанографической информации?
2. Как осуществляется нанесение информации на перфоленту?

3. Какова структура блочного кода для нанесения на перфоленту прибрежной гидрометеорологической информации?
4. В чем заключается подготовка глубоководной океанографической информации к механизированной обработке на судах, оборудованных ЭВМ?
5. Что представляет собой кодовый бланк рейса?
6. Как производится исправление ошибок перфорации внутри группы и в середине зоны?
7. Как осуществляется нанесение на перфоленту информации о характеристиках течений, измеренных БПВ?
8. Как осуществляется нанесение на перфоленту информации о температуре воды, измеренной батитермографом?

Глава 13
ОРГАНИЗАЦИЯ ОКЕАНОГРАФИЧЕСКИХ НАБЛЮДЕНИЙ

13.1. Организация прибрежных наблюдений

Прибрежные (береговые) наблюдения производятся для изучения гидрометеорологического режима прибрежной зоны моря и оперативного обеспечения службы прогнозов и народнохозяйственных организаций. Прибрежные наблюдения, предназначенные для прослеживания многолетней изменчивости элементов режима, называются *вековыми.*

Все прибрежные наблюдения производятся морскими гидрометеорологическими станциями и постами по единой методике в сроки 03, 09, 15, 21 ч по московскому времени. В состав наблюдений входят наблюдения над следующими элементами:

1) уровень моря;
2) температура поверхностного слоя моря;
3) соленость воды (обычно раз в сутки, в срок ближе к полудню);
4) волнение моря и морской прибой;
5) ледовые наблюдения.

Наблюдения производятся в специально выбранных местах. Состав и сроки наблюдений для каждой гидрометстанции (поста) утверждаются республиканскими и территориальными управлениями по гидрометеорологии и контролю природной среды (УГКС).

Прибрежные наблюдения записываются в специальные журналы (КГМ-1М — для записи уровня, температуры воды и волнения, КГМ-2 — для записи ледовых наблюдений, КГМ-3 — для записи профильных ледовых наблюдений). Запись производится простым карандашом непосредственно на местах наблюдений. При необходимости исправить запись неверное значение зачеркивается тонкой чертой, а верное записывается

сверху или рядом (эти требования к записи соблюдаются при записи и других видов наблюдений).

После окончания наблюдений производится обработка их результатов (введение поправок в отсчеты по приборам, вычисление средних и экстремальных значений, обработка записи самописцев уровня моря, титрование проб морской воды на хлор и др.), контроль и занесение на перфоленту. Основной сводной таблицей прибрежных наблюдений является месячная таблица ТГМ-1М (в настоящее время составление прибрежных таблиц осуществляется в процессе механизированной обработки на ЭВМ), которая содержит результаты срочных наблюдений по декадам, суточные, декадные и месячные характеристики и др.

13.2. Организация рейдовых наблюдений

Рейдовые наблюдения производятся с целью изучения режима прибрежной зоны и оперативного обеспечения службы прогнозов. Они подразделяются на вековые (производятся в постоянных местах неограниченное время), оперативные (по требованию службы прогнозов и запросам народного хозяйства) и специализированные (для решения научных проблем). *Рейдовой станцией* называется океанографическая станция в прибрежной зоне моря с постоянными координатами, выполняющаяся регулярно. Обычно рейдовые станции назначаются в местах, отражающих наиболее характерные особенности режима моря. Они закрепляются с наибольшей возможной точностью и фиксируются на карте относительно береговых ориентиров. На вековых рейдовых станциях производятся следующие наблюдения:

1) определение глубины;

2) измерение температуры воды на стандартных (постоянных) горизонтах: 0, (5), 10, 15, 20, (25), 30, 40, 50, 60, (75), 80, 100, (125), 150, 200 м и придонный (в скобках указаны необязательные горизонты);

3) отбор проб воды на стандартных горизонтах для определения солености, растворенного кислорода и других гидрохимических элементов;

4) отбор проб воды на загрязняющие вещества (нефтепродукты и др.);

5) измерения направления и скорости течений на стандартных горизонтах: 0, (5), 10, 25, 50, 100, 200, 300 м и придонный;

6) определение прозрачности моря и цвета воды;

7) определение типа волнения, направления распространения волн и измерение элементов волн;

8) измерение толщины льда и высоты снега на льду (при работах со льда);

9) метеорологические наблюдения (направление и скорость ветра, температура и влажность воздуха, атмосферное давление и др.).

Вековые наблюдения производятся один раз в месяц, близко к его середине, в виде многочасовых станций в течение не менее 26 ч в сроки по гринвичскому времени 00, 03, 06, 09, 12, 15, 18 и 21 ч. Измерения характеристик течений в приливных морях производятся не реже чем один раз в час, в неприливных морях — не реже чем через 2 ч.

Сроки оперативных и специализированных рейдовых наблюдений определяются программами научно-исследовательских тем, запросами службы прогнозов и народнохозяйственных организаций.

При рейдовых наблюдениях может производиться постановка буйковой станции, в зимнее время наблюдения могут выполняться с прочного припая. Невыполнение наблюдений в установленные сроки допускается только по причине штормовой погоды или неблагоприятных ледовых условий.

Рейдовые наблюдения выполняются в следующем порядке:

1) измеряется глубина места и определяются горизонты наблюдений;

2) опускается серия батометров с глубоководными термометрами и производится измерение скорости и направления течений морскими вертушками (при работе одной вертушкой измерения начинают с верхнего горизонта);

3) во время выдержки первой серии батометров определяются прозрачность моря и цвет воды и производятся метеорологические наблюдения;

4) отбираются пробы воды на химический анализ.

Результаты наблюдений на рейдовой станции записываются в книжку КГМ-5 (могут применяться также книжки КГМ-6, КГМ-7 и другие), а затем обрабатываются. Окончательно принятые результаты наблюдений выбираются из книжек и записываются черными чернилами в таблицы ТГМ-3М и ТГМ-16М, приспособленные для переноса наблюдений на технический носитель (перфоленту или перфокарту).

На титульном листе таблицы ТГМ-3М записываются название и коды информации, водного объекта и судна согласно соответствующим инструкциям. На развернутом листе таблицы заполняются графы, содержащие призначные элементы информации: код пункта наблюдений, координаты начала и конца наблюдений, квадрант (все моря СССР расположены в первом квадранте), год, месяц и число наблюдений, время начала и

конца работ, глубина станции (при этом тысячи, сотни и десятки метров записываются в очерченный квадрат).

Графы раздела «Гидрометеорологические наблюдения» заполняются в следующем порядке: ветер (втр): направление — градусы, скорость — м/с; волнение (влн): тип, направление — градусы, высота (средняя из пяти наиболее крупных волн) — м, длина — м, период — с; видимость (видим) — по коду КН-09; температура воздуха — в градусах Цельсия; влажность (влж): абсолютная (абс) — гПа, относительная (отн) — %; атмосферное давление (двл) — гПа; облачность (обл): количество — баллы, форма — латинскими обозначениями по коду КН-09; интенсивность солнечного сияния — по коду КН-09; прозрачность моря (прз) — м; цвет воды (цв) — номер пробирки шкалы; погода (ww) — по коду КН-09; лед: форма, густота, количество, данные о кромке.

Графы гидрологических и гидрохимических наблюдений заполняются в следующем порядке:

1—2 — время наблюдений по Гринвичу в часах и минутах. Если наблюдения производились серией батометров, время записывается только в строки, соответствующие верхнему и нижнему горизонтам данной серии (через остальные строки графы проводится волнистая линия);

3 — горизонт наблюдений в метрах. Интерполированные стандартные горизонты заключаются в скобки. Поскольку информация из таблицы может переноситься непосредственно на 80-колонковую перфокарту по 46-му макету, количество цифр в графах должно соответствовать количеству колонок макета перфокарты (соответствующие номера колонок проставлены под заголовками граф таблиц). Так, при записи горизонта наблюдений (колонки 27—30) при отсутствии сотен и десятков метров на их месте записывают нули;

4 — температура воды;

5 — электропроводность (при определении солености электросолемером);

6 — хлорность;

7 — соленость;

8 — условная плотность;

9 — условный удельный объем.

В остальные графы помещаются результаты гидрохимических наблюдений: содержание растворенного кислорода, водородный показатель и др. Графы 24 и 25 оставлены для записи дополнительных элементов.

Титульный лист таблицы ТГМ-16М содержит сведения об экспедиции, названии и шифре судна, координатах и глубине станции, годе и месяце наблюдений, наименовании прибора и методе измерений.

Основными графами таблицы являются следующие:

1 — число, 2 и 3 — часы и минуты, 4 — горизонт наблюдений, 5 — направление течения в градусах, 6 — скорость в сантиметрах в секунду.

13.3. Организация океанографических наблюдений в открытом море

Океанографические наблюдения в открытом море можно разделить на четыре вида в зависимости от их назначения:

1) наблюдения на вековых океанографических разрезах;

2) океанографические съемки по сетке стандартных разрезов, наблюдения на судах погоды и буйковых станциях;

3) эпизодические океанографические наблюдения и работы;

4) попутные гидрометеорологические наблюдения, предназначенные для оперативной информации о состоянии погоды и моря.

Океанографическим разрезом называется последовательный ряд океанографических станций (географических точек, в которых производятся океанографические работы: разовые, многочасовые, суточные, многосуточные), расположенных по определенному направлению и выполняющихся в кратчайшее время. Океанографический разрез, станции которого закреплены на много лет постоянными географическими координатами, является *стандартным.* Стандартный океанографический разрез, выполняемый регулярно, через определенные интервалы времени, в течение многих десятилетий, называется *вековым разрезом.* Он предназначается для изучения многолетних изменений (векового хода) элементов океанографического режима морей и больших акваторий океанов.

Различают прибрежные океанографические разрезы и разрезы открытого моря. Расположение разрезов выбирается таким образом, чтобы наблюдения на них были репрезентативными (типичными) для всего моря или для отдельных его районов. Разрезы должны пересекать струи господствующих течений в изучаемом районе под прямым углом, что дает возможность рассчитать мощность потока вод (расход). Некоторые из разрезов располагаются по осям струй течений с целью изучения переноса и трансформации океанографических элементов.

Океанографические станции на разрезах размещаются таким образом, чтобы по наблюдениям на них можно было проследить за изменением элементов по всему разрезу. В прибрежных районах и в зонах океанографических фронтов число станций увеличивается. Однако при большом количество стан-

ций полученные материалы могут быть несравнимы. Обычно расстояния между станциями на разрезах устанавливаются в зонах с большой пространственной изменчивостью 10—30 миль и менее, в открытых районах моря 30—60 миль, в открытом океане 60—120 миль.

Сроки выполнения разрезов определяются задачами исследований. Вековые и стандартные разрезы выполняются не реже одного раза в сезон.

Совокупность разрезов и станций, выполняемых одним, группой судов одновременно или другими техническими средствами для получения информации о пространственном распределении океанографических элементов в определенный период времени, называется *океанографической съемкой.* Расположение и количество разрезов при съемках должно удовлетворять основному условию — результаты наблюдений должны отражать особенности океанографического режима моря.

Съемки выполняются один раз в сезон. Наблюдения на них должны быть по возможности синхронными, что достигается участием нескольких судов. При выполнении съемки одним судном предусматривается повторение океанографических станций, выполняемых в начале съемки. Часть станций делается подвесными (наблюдения производятся не до дна, а до определенного горизонта). В период съемки предусматриваются многосуточные наблюдения в характерных точках путем установки на них АБС или с судна.

Для изучения изменения океанографических элементов во времени выполняются *многочасовые и многосуточные наблюдения* (они необходимы при исследованиях течений, приливных явлений, внутренних волн, а также для разработки методов прогнозов изменений элементов). При многосуточных наблюдениях широко используются АБС.

Для изучения изменчивости во времени и в пространстве различных океанографических процессов и явлений производятся специализированные наблюдения на так называемых полигонах при участии нескольких судов. В определенных районах северной части Атлантического и северной части Тихого океанов регулярные наблюдения выполняются с помощью научно-исследовательских судов погоды.

На каждой океанографической станции (или серии) выполняются следующие работы:

1) измерение глубины станции;

2) измерение температуры воды на стандартных горизонтах (для океанов и глубоководных морей — 0, 10, 20, 30, 50, 75, 100, 150, 200, 250, 300, 400, 500, 600, 800, 1000, 1200, 1500, 2000, 2500, 3000, 3500, 4000, 4500, 5000 и далее через 1000 м; для мелководных морей — 0, 10, 15, 20, 30, 40, 50, 60, 80, 100,

150, 200 м и на придонном горизонте). На этих же горизонтах производится отбор проб воды для определения солености и содержания различных гидрохимических элементов;

3) измерения направления и скорости течений на горизонтах 0, 10, 25, 50, 100, 200, 300, 500, 750, 1000, 1200, 1500, 2000 м;

4) определение прозрачности моря и цвета воды (в светлое время и при высоте волн до 1,5 м);

5) наблюдения над волнением и метеорологические наблюдения.

Результаты наблюдений на океанографических станциях записываются обычно в книжки КГМ-6. После первичной обработки результатов наблюдений (на судах, не оборудованных ЭВМ) составляются таблицы ТГМ-3М и ТГМ-16М (см. параграф 13.2). Для записи срочных наблюдений за месяц на многосуточных океанографических станциях применяются таблицы ТГМ-10М. В них же осуществляется выведение декадных и месячных характеристик. Эти таблицы состоят из двух частей: основной таблицы, которая может составляться вручную, и вкладыша, получаемого с помощью ЭВМ. Таблица ТГМ-10М заполняется для каждого горизонта отдельно.

13.4. Правила техники безопасности при выполнении океанографических наблюдений

При выполнении всех видов океанографических наблюдений должны строго соблюдаться правила по технике безопасности.

Меры безопасности при выполнении прибрежных гидрометеорологических наблюдений заключаются главным образом в надлежащем оборудовании пунктов наблюдений и подходов к ним. Так, например, если наблюдения над волнением моря или ледяным покровом производятся с вышки, то она должна иметь огражденную площадку с перилами или леерным ограждением. Лестничными ступеньками и ограждением оборудуются крутые спуски с высокого берега к морю. Для подхода к пунктам наблюдений, расположенным в некотором удалении от берега в море, сооружаются специальные мостики, оборудованные леерами или перилами. Если возникает необходимость захода в воду, то наблюдатель должен быть обеспечен высокой непромокаемой обувью. В случае отсутствия ориентиров вдоль пути от служебных помещений к местам наблюдений устанавливаются вехи или протягивается трос, что важно для безопасного движения в условиях плохой видимости (туман, метель и др.). При работах в темное время суток наблюдатель должен иметь надежный электрический фонарь. Также должно

уделяться внимание правилам электробезопасности при пользовании электрическим освещением на метеорологической площадке и в будке СУМа.

При наблюдениях над ледяным покровом, связанных с выходом на лед, необходимо пользоваться табл. 20, дающей возможность определить предельную толщину льда, при которой может быть использован тот или иной транспорт. При этом все слои снежного, пористого льда и слои, пропитанные водой, из общей толщи льда исключаются.

Таблица 20

Предельная толщина льда при выходе на лед

Способ передвижения по льду	Пресный лед, см	Морской лед, см
Без применения транспорта	7	12
С применением:		
ручных санок массой 50 кг	9	16
ручных санок массой 100 кг	12	21
гужевого транспорта	16	25
1,5-тонных автомашин	24	40
3-тонных автомашин	35	55

С увеличением солености прочность льда резко уменьшается. В течение года прочность ледяного покрова может изменяться в 5—10 раз (наибольшая прочность — зимой, наименьшая — весной).

В состав выходящей на лед группы должно входить не менее двух человек, которые передвигаются один за другим на расстоянии 3—4 м. При этом идущий впереди проверяет лед пешней. Они должны иметь с собой 2—3-метровые шесты (или багры), прочный шнур длиной 25—30 м, компас, походную аптечку. При проваливании под лед, если нет в руках шеста, необходимо широко раскинуть руки, а вылезать на лед следует, упираясь ногами в противоположный край льда. Провалившемуся под лед немедленно подается шест или шнур (канат). При работах на гладком бесснежном льду следует предохраняться от падения с помощью специальных приспособлений, пристегиваемых к подошвам обуви. Выходящие на лед наблюдатели должны иметь надежную связь с берегом (звуковую, световую или радио). Все лунки или проруби, оставшиеся после работ на льду, должны обставляться вехами. При очистке проруби вокруг водомерной рейки или СУМа куски льда отбрасывают на несколько метров в сторону.

При океанографических работах на научно-исследовательских судах необходимо руководствоваться правилами техники

безопасности, предусмотренными на судах. Все члены экипажа должны четко знать расписание судовых тревог, уметь пользоваться спасательным жилетом и другими спасательными средствами. Особую предосторожность нужно соблюдать при работах с океанографическими лебедками (к управлению электрическими лебедками допускаются члены экипажа, прошедшие специальную подготовку). Запрещается стравливать трос до последнего ряда с барабана лебедки, а также тормозить лебедку руками или путем закладывания каких-либо предметов. При обрыве троса и сбегания его за борт запрещается хватать его руками или наступать на него.

Откидные забортные площадки должны иметь надежное леерное ограждение высотой не менее 1 м и прочно закрепляться как при работе, так и в походном состоянии.

Работы за бортом или на высоте (надстройки, мачты) могут производиться только с разрешения вахтенного помощника капитана. Работающий на высоте должен соблюдать все меры предосторожности и находиться под постоянным наблюдением. На ходу судна производство всех видов забортных работ запрещается.

При постановках АБС судно должно иметь специальное оборудование (лебедки, стрела, блоки и др.). Перед постановкой АБС тщательно проверяется состояние тросов и такелажного оборудования. Все команды при постановке (подъему) подает только руководитель работ. На палубе должны находиться только люди, непосредственно занятые работами. Все они должны быть обеспечены рукавицами и защитными шлемами (касками). При подъеме и спуске оборудования запрещается:

1) раскачивать якоря или буи над палубой или за бортом;

2) находиться под стрелой, а также на линиях движения груза и натянутого троса;

3) во время крепления и снятия кронштейнов держаться за трос или кронштейн и продевать руки внутрь кронштейна.

При отрицательных температурах палубу следует регулярно очищать от льда.

Всем лицам, работающим с приборами, питающимися от бортовой сети с напряжением 110—220 В, необходимо строго соблюдать правила электробезопасности.

На основании действующих правил по технике безопасности составляются инструкции по технике безопасности применительно к конкретным условиям и особенностям при проведении тех или иных видов работ.

Все работники должны перед их допуском к работе пройти вводный инструктаж по технике безопасности. При обнаружении нарушения правил по технике безопасности или неисправ-

ности оборудования, защитных и спасательных средств каждый работник обязан немедленно сообщить об этом своему непосредственному начальнику для принятия необходимых мер.

Вопросы и задания

1. Каковы состав и сроки прибрежных наблюдений?
2. Что называется рейдовой станцией?
3. Каков состав наблюдений на вековой рейдовой станции?
4. Как часто производятся вековые рейдовые наблюдения?
5. Как заполняются графы раздела «Гидрометеорологические наблюдения» таблицы ТГМ-3М?
6. Как заполняются графы гидрологических и гидрохимических наблюдений таблицы ТГМ-3М?
7. Назовите четыре вида океанографических наблюдений в открытом море.
8. Что называется океанографическим разрезом?
9. Как выбирается расположение океанографических разрезов?
10. Как размещаются океанографические станции на разрезах?
11. Что называется океанографической съемкой?
12. Каков состав наблюдений на океанографической станции?
13. Как заполняется таблица ТГМ-16М?
14. В чем заключаются правила техники безопасности при производстве прибрежных наблюдений?
15. Перечислите основные требования техники безопасности при выходе на ледяной покров.
16. Назовите основные правила техники безопасности при работах на научно-исследовательских судах.

Глава 14

ИНСПЕКЦИЯ МОРСКИХ ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ ПОСТОВ

В соответствии с классификацией гидрометеорологических станций и постов различают морские гидрометеорологические посты I, II и III разряда. Основными учетными документами постов служат:

1) учетные карточки формы МГ-10, в которых записываются главные сведения о постах;

2) техническое дело поста ГМ-5, в котором предусматриваются записи сведений о районе и пунктах наблюдений, об оценке надежности приборов, качестве наблюдений и обработки, об изменениях пунктов наблюдений и установке приборов (подробное описание установок приборов и условий наблюдений производится при первом заполнении технического дела).

С целью обеспечения высококачественной работы постов производятся плановые (две инспекции в год с обязательным

нивелированием уровенного поста) и экстренные инспекции (с целью оказания неотложной помощи при выходе из строя приборов и при обнаружении крупных дефектов в работе поста). Инспекции производятся, как правило, одним и тем же лицом, которое должно знать состояние работы поста за последний межинспекционный период. В задачу инспекции постов входит:

1) оценка характеристики района расположения поста и пригодности мест для наблюдений над отдельными элементами;

2) проверка состояния приборов и устройств поста;

3) проверка качества наблюдений и их обработки;

4) проверка качества информационной работы;

5) проверка выполнения плана работ;

6) проверка выполнения наблюдателем указаний предыдущей инспекции;

7) составление технического дела поста или внесение в него записей о результатах инспекции;

8) устранение недостатков в работе поста и его оборудовании и оказание помощи наблюдателю с целью улучшения его работы.

В план инспекции могут включаться специальные задания: организация нового вида наблюдений, перенос отдельных установок поста, подготовка нового наблюдателя поста и др.

Работа по инспекции состоит из подготовки к инспекции, ее проведения, оформления результатов и контроля за выполнением намеченных при инспекции мероприятий.

Перед выездом в инспекцию необходимо:

1) подобрать все материалы, характеризующие состояние постовых устройств, качество наблюдений и информационной работы поста;

2) просмотреть техническое дело и переписку с наблюдателем в межинспекционный период;

3) получить специальные задания от различных отделов гидрометеорологической обсерватории;

4) составить план инспекции;

5) подготовить инспекторское снаряжение (точные часы, фотоаппарат, инспекторский термометр, нивелир и др.).

Задание по инспекции поста инспектирующий получает от начальника гидрометеорологической станции. В задании указываются дополнительные работы, которые должны быть выполнены во время инспекции. К заданию прилагаются замечания о работе поста.

При инспекции поста выполняется следующее:

1) проверка организации работы (выяснение общего состояния работы);

2) оценка пригодности местоположения поста и выявление изменений, происшедших в период между инспекциями;

3) проверка состояния приборов и установок, правильности наблюдений, их записи и обработки;

4) проверка знаний наблюдателя;

5) проверка информационной работы поста (своевременность подачи, правильность составления информационных и штормовых телеграмм);

6) устранение выявленных при инспекции недостатков;

7) составление выводов по результатам инспекции.

Все сведения, полученные в результате инспекции поста, записываются в соответствующие разделы технического дела. В разделе «Выводы» помещается заключение о работе поста. Для каждого поста техническое дело составляется в двух экземплярах: один хранится в отделе гидрометеорологического режима моря ГМО, второй является рабочим, куда во время инспекции и заносятся сведения. По возвращении из инспекции все записи из рабочего экземпляра переписываются в основной экземпляр, который для этого высылается из ГМО на станцию, а затем снова возвращается в ГМО.

Окончательное оформление результатов инспекции производится инспектором на станции, где он выясняет и разрешает те вопросы, на которые он не мог дать ответа наблюдателю при инспекции, и составляет подробное письмо на пост. Им же составляются проекты заявок на необходимые посту приборы, оборудование и материалы. Записанные в «Выводах» предложения наблюдателю и прикрепленной станции находятся под контролем инспектора до тех пор, пока все они не будут выполнены.

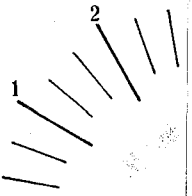
Оценка качества инспекции производится в ГМО после получения основного экземпляра технического дела, после чего сообщается на станцию вместе с замечаниями по инспекции. К оценке инспекции привлекаются специалисты по различным видам наблюдений. С целью контроля над методикой производства инспекции постов и передачи опыта периодически производятся контрольные совместные выезды инспектора ГМО с инспекторами гидрометеорологических станций.

Вопросы и задания

1. Какова задача инспекций морских гидрометеорологических постов?
2. В чем заключается подготовка к инспекции поста?
3. Какие работы выполняются при инспекции поста?
4. Что представляет собой техническое дело поста?
5. В чем заключается работа инспектора после завершения инспекции?
6. Кто оценивает результаты инспекции поста?

Раздел 3

ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ОКЕАНОГРАФИЧЕСКИЕ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ПРИБОРЫ



Введение (252). Общие сведения об электрических океанографических измерительных приборах. Правила техники безопасности при работе с ними (256). Приемка, хранение и транспортировка приборов (292). Общие вопросы технического обслуживания и монтажа электрических океанографических измерительных приборов (298). Промерные эхолоты (311). Электрические океанографические приборы для измерения элементов волн (327). Электромагнитный измеритель характеристик течений ГМ-15М (ЭМИТ) (353). Дистанционная приставка ГМ-39 к самописцу уровня моря СУМ (367). Радиотелеметрические системы (372). Измерительный комплекс зонд-батометр (394). Автоматический цифровой измеритель АЦИТ (409). Наблюдения над температурой поверхности моря с помощью ИК-радиометра (438).

ВВЕДЕНИЕ

Мировой океан представляет собой гигантскую по размерам, очень сложную по структуре динамическую систему, для изучения которой необходимо огромное количество информации. Согласно расчетам, даже для сравнительно грубого описания только лишь *физического* состояния океана потребовалось бы одновременно более миллиона океанографических станций. Они должны сообщить более 10 миллиардов чисел, которые необходимо обновлять хотя бы каждые 8 ч. Кроме физических параметров состояния океана, требуются сведения о химическом составе вод, степени загрязненности, характеристике биомассы, строении дна, его сейсмичности и многое другое. Количество информации обо всем этом по многим десяткам элементов было бы потрясающе велико.

Использование для решения таких задач механических либо электромеханических приборов, описанных в предыдущем разделе, малоперспективно. Количество информации, получаемое в единицу времени от этих приборов, по сравнению с требуемой ничтожно мало, тем более, что каждый из таких приборов измеряет одновременно лишь один-два элемента только в точке нахождения прибора и, как правило, на одном горизонте.

В последние годы было внедрено значительное число в основном полуавтоматических измерительных приборов второго поколения, которые дают возможность производить измерения на одном-двух горизонтах непрерывно с одновременной автоматической аналоговой регистрацией двух-трех океанографи-

ческих элементов. Хотя информативность таких приборов гораздо выше прежних, но она еще крайне низка и не отвечает современным требованиям.

Лишь с внедрением электрических океанографических цифровых измерительных приборов и комплексов третьего поколения резко повысилась производительность труда в морской гидрометрии. Появилась возможность почти синхронно с производством измерений обрабатывать поступающую от приборов информацию о четырех—семи океанографических элементах и получать с помощью ЭЦВМ готовые документы в форме стандартных и любых других таблиц, а также графиков. Благодаря этому традиционный очень трудоемкий процесс камеральных работ резко сокращается или становится полностью автоматизированным.

В настоящее время для нужд морской гидрометрии с учетом достижений современной электроизмерительной техники разрабатываются и испытываются новые приборы для измерения отдельных элементов, а также измерительные радиотелеметрические комплексы в якорных и дрейфующих вариантах.

Продолжаются работы по внедрению радиационных, радиолокационных и лазерных принципов и методов измерения океанографических элементов с судов и самолетов. В последние годы в СССР все большее внимание уделяется разработкам средств космической океанографии для использования их на искусственных спутниках и пилотируемых орбитальных станциях.

Перспективы развития технических средств обусловлены достижениями отечественного приборостроения. В области электроприборостроения в СССР и странах СЭВ продолжается переход от конструирования и производства исключительно аналоговой измерительной техники к производству большого количества цифровой, от одноканальных измерений к многоканальным, от отдельных приборов к измерительным системам, а также прогресс элементной базы на основе достижений радиоэлектроники, микроэлектроники, оптоэлектроники. Завершено создание комплекса стандартов Государственной системы промышленных приборов и средств автоматизации (ГСП). Эта система предусматривает создание и использование ограниченного ряда приборов с единой нормативной базой — стандартных конструктивных элементов, информационных сигналов, метрологических и других характеристик, блочно-модульный принцип построения. В развитии ГСП в области электроизмерительной техники продолжается совершенствование агрегатного комплекса средств — АСЭТ как очередной шаг к комплексному решению задач измерения в различных отраслях народного хозяйства, в том числе в гидрометеорологии и океанографии.

АСЭТ — это совокупность серийно выпускаемых автоматизированных средств электроизмерительной техники с системной совместимостью для совместного использования при построении измерительно-информационных систем. При этом устройства пригодны также для автономного применения. Основные элементы АСЭТ — функционально и конструктивно законченные устройства, имеющие самостоятельное назначение. В системе АСЭТ — измерительные преобразователи, аналого-цифровые преобразователи, коммутаторы, устройства представления информации и другие. Совокупность таких средств дает возможность компоновать разнообразные по применению системы прямо у потребителя. Дальнейшее развитие АСЭТ включает в себя расширение числа элементов и возможностей измерительных средств, улучшение метрологических характеристик, надежности, разработку улучшенных интегральных цифровых и аналоговых микросхем и широкое их применение в приборах.

В связи с развитием АСЭТ задачами отечественного приборостроения в области гидрометеорологии являются:

— переход от разрозненного к комплексному использованию средств гидрометеорологии, т. е. разработка технически и экономически оправданных автоматизированных систем по изучению и фиксированию параметров атмосферы и воды;

— переход на новые принципы измерения относительных перемещений среды, давления, температуры, влажности;

— унификация средств гидрометеорологических измерений;

— стандартизация в области гидрометеорологии с учетом мирового опыта.

По мере проникновения во все более тонкие закономерности природы Мирового океана естественно нарастание сложности выполнения этой задачи, повышение требований к надежности измерительной аппаратуры, достоверности получаемой информации. При этом возможен и рост числа одновременно измеряемых величин, и усложнение обработки результатов измерений. Вероятно, увеличится количество станций и повторяемость измерительных процедур в Мировом океане. Это — тенденция к интенсификации океанографических работ. Поэтому возникает потребность в создании и применении нового класса измерительных средств в океанографии — информационно-измерительных систем. Такие системы должны реализовать единый технологический автоматизированный процесс производства измерений, сбор, обработку и регистрацию информации. При необходимости использовать готовую информацию оперативно и в значительных количествах такие измерительные системы эффективны, если они ориентированы на сопряжение с ЭВМ. Примером такого сопряжения является использование комплекса зонд-батометр совместно с ЭЦВМ «Минск-32».

Уже в настоящее время рационально создание и использование подобных систем путем объединения в единые схемы сопряжения измерительных, регистрирующих, вычислительных и управляющих приборов, в том числе еще не приспособленных к такому системному применению. Это объединение предполагается осуществлять с помощью стандартной информационной магистрали — «универсального интерфейса». Особенно эффективными такие системы окажутся при агрегатно-модульном их построении из сравнительно ограниченного набора функциональных блоков. При этом обеспечиваются широкие функциональные возможности, гибкость перестройки приборных комплексов различной сложности в зависимости от потребностей океанографии и реальных ограничений на практике. В других отраслях народного хозяйства, широко использующих различную электроизмерительную технику, уже имеется значительный опыт использования информационно-измерительных систем, в разной степени обладающих перечисленными особенностями.

Основой технической политики в области гидрометеорологического приборостроения является создание агрегатного комплекса средств гидрометеорологической техники — АСМТ, который состоит из трех ветвей: метеорологической (АСМТ-М), аэрологической (АСМТ-А) и гидрологической (АСМТ-Г). Принцип построения АСМТ — соблюдение метрологической, конструктивной, информационной и эксплуатационной совместимости. Используя так называемую базовую модель АСМТ, можно с помощью набора стандартных устройств собрать приборы, станции и системы в различных исполнениях. Структурная схема АСМТ предполагает совокупность различных уровней технических средств. Высшая ступень АСМТ — информационно-измерительные системы с применением ЭВМ.

Глава 15

ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ ОБ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ОКЕАНОГРАФИЧЕСКИХ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ ПРИБОРАХ. ПРАВИЛА ТЕХНИКИ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ РАБОТЕ С НИМИ

15.1. Классификация электрических океанографических измерительных приборов по принципам действия и общие технические характеристики

Круг вопросов, рассматриваемых при изучении электрических океанографических измерительных приборов (ЭОИП), относится к разделу *измерительная информационная техника,* принадлежащему в свою очередь к группе дисциплин, объединяемой *технической кибернетикой.*

В настоящее время арсенал измерительных средств в океанографии включает различные ручные, механические и электромеханические приборы, предназначенные для измерения одной-двух океанографических величин. Однако полученную ими информацию необходимо еще надлежащим образом обработать вручную. Расширение фронта измерительных работ, их интенсификация, необходимость комплексных исследований умножили требования к средствам измерений, резко усложнили их. Появилась необходимость в автоматических средствах измерения, способных перерабатывать интенсивные потоки информации за ограниченное время, с автоматической регистрацией, обработкой результатов измерений и их документированием. Решение этих задач привело к созданию цифровых *измерительных комплексов*, используемых совместно с ЭЦВМ. Такие измерительные средства близко примыкают к классу *измерительных систем.* Материальная база всего диапазона океанографических измерительных средств включает самые разнообразные технические устройства — от простейших механических приспособлений, электромеханических узлов до сложных электронных блоков и комплексов с применением микросхем различного типа в блочно-модульном исполнении. В многочисленных узлах и блоках океанографических приборов используются разнообразные физические принципы действия и функциональные возможности. Разнообразны особенности конструкции, способы использования приборов при измерении. Различны и методики подготовки полученной ими информации для окончательной обработки.

Электрические океанографические измерительные приборы целесообразно классифицировать прежде всего по признакам,

отражающим их назначение, способ использования и принцип действия.

Эти признаки во многом определяют важнейшие конструктивные особенности ЭОИП.

По *назначению* рассматриваемые здесь ЭОИП можно различать по измеряемому океанографическому элементу:

1) приборы для измерения глубины места (ПЭЛ-2, ПЭЛ-3);

2) приборы для измерения высот и периодов волн (ГМ-61, ГМ-62, ГМ-32);

3) приборы для измерения скорости и направления течения (ГМ-15М, ГМ-33, ГМ-45);

4) прибор для измерения и регистрации уровня моря (ГМ-39).

Перечисленные приборы измеряют и регистрируют лишь один-два океанографических элемента;

5) прибор для одновременного измерения глубины погружения, электропроводности (а по ней — солености) и температуры воды, скорости и направления течения (АЦИТ);

6) прибор для одновременного измерения глубины погружения, температуры воды, электропроводности и взятия проб воды на нескольких горизонтах (зонд-батометр).

Способы использования перечисленных ЭОИП можно различать следующим образом:

1) использование в прибрежной акватории и на берегу (ГМ-61, ГМ-33, ГМ-39, ГМ-32);

2) использование на заякоренных буйковых станциях (ГМ-33, АЦИТ), а также с дрейфующим буем в море (ГМ-32);

3) использование на маломерных судах и шлюпках (ПЭЛ-2, ПЭЛ-3), на научно-исследовательских судах (ПЭЛ-3, ГМ-62, ГМ-32, ГМ-33, ГМ-45, ГМ-15М, АЦИТ, зонд-батометр).

Важнейшей технической характеристикой прибора является его общий *принцип действия*. Принцип действия определяется главным образом способами большинства преобразований в его узлах и блоках, используемыми при этом функциональными и конструктивными элементами, а также формой выходной информации. В этом смысле ЭОИП можно разделить на две группы.

1. *Аналоговые измерительные приборы.* В них входные физические величины преобразуются различными способами, не принимая цифровой формы на выходе, а представляются в виде положения указателя на шкале или отметки на шкале бумажной ленты, либо в виде взаимного расположения отметок. При этом используются электромеханические преобразователи, электронные ламповые или полупроводниковые узлы и элементы, объемные конструкции, навесной монтаж. Выходная информация у таких приборов получается в форме графиков

(ГМ-61, ГМ-62, ПЭЛ-3, ГМ-39) или лент с особыми отметками (ГМ-33, ГМ-45, ГМ-15).

2. *Цифровые измерительные приборы* (АЦИТ, зонд-батометр). В этих приборах входные аналоговые физические величины преобразуются способом кодо-импульсной модуляции в цифровую форму в узлах и блоках прибора. Информация об измеренных элементах, а после ее обработки — и результаты измерений регистрируются также в цифровой форме. Эти приборы могут работать совместно с ЭЦВМ. В них используются элементы микроэлектроники, главным образом печатный, блочно-модульный монтаж. Это приборы нового поколения. Они наиболее перспективны для комплексных океанографических измерений.

Преимущество цифровых приборов перед аналоговыми заключается в следующем:

— возможность полной автоматизации измерительного процесса;

— высокое быстродействие, превышающее возможности оператора;

— возможности автоматического введения поправок, уменьшения случайных погрешностей путем осреднения результатов измерений.

Недостатком цифровых приборов следует считать отсутствие наглядности хода изменения измеряемого элемента в виде графика.

Существенны также различия ЭОИП по следующим признакам, характеризующим их технические возможности.

1. *Неавтоматические приборы.* В работе с ними наиболее трудоемкие операции или часть их выполняет оператор, например буксировку и ориентировку базы (ГМ-15), определение места при промерах глубин (ПЭЛ-3), подготовку лент самописцев с информацией об измеренных элементах, обработку их, расчетные работы, получение результатов, заполнение таблиц (ГМ-61, ГМ-62, ГМ-32, ГМ-33, ГМ-15, ГМ-39, ГМ-45, ПЭЛ-3).

2. *Автоматические приборы*, выполняющие многократно по программе циклы измерений разных параметров, а также обработку полученной информации (АЦИТ, зонд-батометр). При работе совместно с ЭЦВМ возможно и автоматическое документирование готовых результатов измерений.

Электрические океанографические измерительные приборы являются измерителями *неэлектрических* океанографических величин — температуры воды, характеристик течения, глубины места, высоты и периодов волн и других. Исключение составляет электропроводность воды. Поэтому в них имеют место преобразования неэлектрических величин в электрические различными способами. Отдельным рассматриваемым здесь при-

борам присущи схожие по назначению узлы и блоки, у которых в свою очередь схожи и принципы действия. Есть общее между ними и в конструкции, а значит, и в способах технического обслуживания и в ряде других технических характеристик.

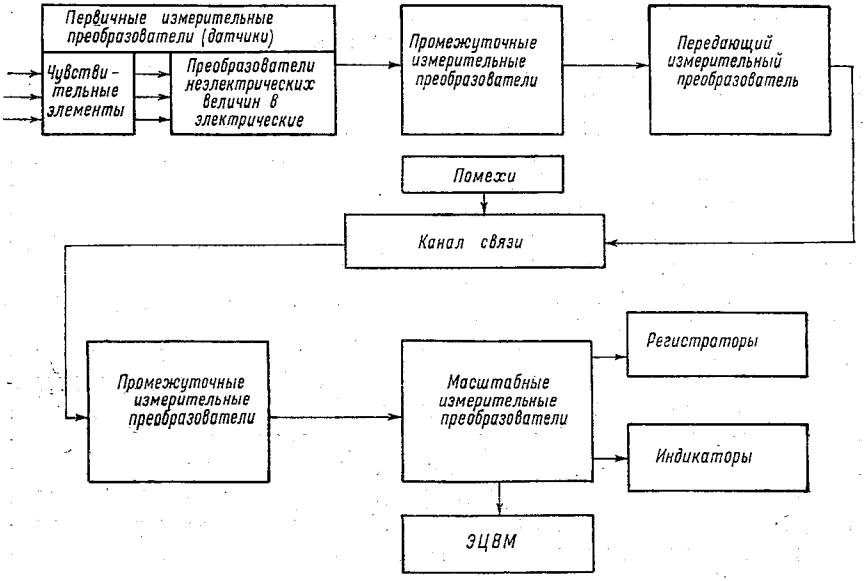


Рис. 76. Примерная обобщенная структурная схема ЭОИП.

Поэтому при изучении измерительных приборов целесообразно выявить их общие узлы, выполняющие сходные главные функции, а также связь между ними в виде блочной *структурной схемы*. На примере такой схемы (рис. 76) изображается *измерительная цепь*, в которой происходят преобразования сигнала. Измеряемые неэлектрические величины (например, гидростатическое давление, температура, поток) воздействуют непосредственно на *чувствительные элементы* (например, мембрану с передаточным механизмом к движку реохорда, терморезистор, вертушку) *первичных измерительных преобразователей*. После преобразования неэлектрических величин в электрические (например, напряжение постоянного тока) сигналы могут поступать по каналам связи последовательно в *промежуточные измерительные преобразователи* и далее в *масштабные измерительные преобразователи*. В этих блоках сигнал готовится к поступлению на *регистраторы* и *индикаторы*. Возможен также ввод полученной информации в ЭЦВМ. Такая схема является в значительной степени обобщенной. Для конкретных приборов

она отличается наличием или отсутствием отдельных блоков. В зависимости от условий передачи информации измерительная цепь может содержать *передающий* измерительный преобразователь. Канал связи может быть единственным, а на сигнал могут воздействовать интенсивные помехи. Промежуточный и масштабный преобразователи могут занимать в измерительной цепи иное место. В зависимости от принципа преобразования промежуточные и масштабные преобразователи могут содержать фильтры низких или высоких частот, формирователи сигналов одной формы в другую, приемо-усилительные каскады, схемы сравнения, мостовые измерительные схемы, селекторы для выделения полезной части сигналов, демодуляторы для отделения несущей частоты и другие. Передающий измерительный преобразователь готовит сигнал для передачи его по каналам связи. Им может быть передатчик в радиоканале связи, ультразвуковой вибратор в водной среде или формирователь сигнала для проводной линии связи. Цифровые приборы содержат преобразователи аналоговых сигналов в дискретные цифровые. В этом случае их легче вводить в ЭЦВМ для окончательной обработки и документирования. Индикаторы в виде шкал со стрелочными указателями или цифровых табло могут соединяться с преобразователями проводными линиями связи. Аналоговые и цифровые регистраторы в свою очередь могут быть отдельными самостоятельными специальными или стандартными устройствами и иметь также проводную связь с преобразователями.

Условия, в которых приходится использовать ЭОИП, различны. Чувствительные элементы приборов — датчики — устанавливаются или опускаются на кабель-тросе за борт научно-исследовательского судна или буя и имеют контакт с водой, часто на значительной глубине. Регистраторы измеряемых параметров чаще находятся на борту судна или на берегу. В этих случаях и необходимы каналы связи — проводные или гидроакустические, а на значительных расстояниях от датчиков необходимы и радиоканалы связи. Используются ЭОИП и в *автономном* режиме — когда они работают определенный срок автоматически, а поднимаются на борт судна с окончанием этого срока. В этом случае в составе прибора должен быть автоматический регистратор, запоминающий всю полученную им информацию на месте автономной работы. Часть приборов может использоваться на ходу судна либо в дрейфе.

Всеми этими условиями определяется выбор способов преобразования входных неэлектрических и электрических величин в измерительных цепях приборов. С помощью потенциометров, тензометрических чувствительных элементов, терморезисторов, электроконтактных и других устройств неэлектрические океано-

графические параметры преобразуются в постоянное изменяющееся либо импульсное электрическое напряжение. С помощью индуктивных первичных преобразователей используется и переменное напряжение. Однако дальнейшее усиление, а тем более преобразование в другую форму этих двух видов сигналов требуют уже различных узлов. Например, значительно отличаются друг от друга усилители постоянного тока от импульсных усилителей и усилителей переменного тока. Для передачи сигналов на значительное расстояние в тяжелых морских условиях проводные средства связи непригодны. Вместо них приходится использовать радиосвязь, а для этого нужны радиопередатчик и радиоприемник. Но для этого сигнал постоянного тока необходимо преобразовать, например, в переменное напряжение низкой частоты так, чтобы им можно было бы промодулировать несущую высокую частоту радиопередатчика. Тогда в приемной части измерительного комплекса необходимы усилитель, демодулятор и преобразователь для регистратора. В значительной степени сходны с этими процессы преобразования сигналов при использовании и гидроакустического канала связи, хотя конструкция и схемы блоков и узлов соответствующей измерительной цепи отличаются от таковой для радиоканала.

Этим перечнем элементарных преобразований в измерительной цепи прибора для приведенных вариантов характера сигнала процесс преобразования на самом деле не ограничивается: необходимы вспомогательные узлы и блоки для обеспечения нормальной работы прибора и обеспечения нужной точности измерений. Таким образом, различия в способах использования самого прибора в сильной степени определяют принципы построения измерительной цепи, состав блоков и их назначение. Особенно резко эти различия проявляются при сравнении аналоговых и цифровых приборов, а тем более приборов для измерения нескольких океанографических параметров. Цифровая форма их выходной информации и возможность ввести ее в ЭЦВМ для окончательной обработки достигаются за счет усложнения схем, повышения стоимости вследствие миниатюризации элементов и увеличения их общего количества. Кроме того, сами способы преобразований и используемые при этом конструктивные элементы часто не являются единственно возможными для данной измерительной цепи. Приборы время от времени модернизируются, улучшаются их технические характеристики за счет применения более совершенных схемных и конструктивных решений. Освоение (эксплуатация и ремонт) наиболее перспективных — цифровых приборов для автоматического измерения нескольких океанографических параметров, несмотря на относительную сложность конструкции, насыщен-

ность элементами микроэлектроники, облегчается тем, что в большинстве их узлов широко используются стандартные унифицированные элементы схем измерительной техники, автоматики, вычислительной техники, радиоэлектроники.

15.2. Методы измерительных преобразований и их погрешности

Измерительный преобразователь — это средство измерений, предназначенное для выработки сигнала измерительной информации в форме, удобной для передачи, дальнейшего преобразования, обработки или хранения, но не поддающейся непосредственному восприятию наблюдателем (ГОСТ 16263-70).

Принято разделять измерительные преобразователи на *первичные, промежуточные, передающие* и *масштабные* (см. раздел 1), которые в совокупности составляют *измерительную цепь*.

Любое преобразование — это физический процесс, при котором осуществляется либо изменение физической природы преобразуемой величины, либо изменение ее размера *.

В измерительных преобразователях с заданной точностью реализуется функциональная зависимость между входной X и выходной Y физическими величинами: $Y = f(X)$, а в случае нескольких входных величин $x_1, x_2, \ldots, x_n$.

$$Y = \varphi(x_1, x_2, \ldots, x_n),$$

Это относится к преобразователям участка или всей измерительной цепи. Любое преобразование связано с *обменом энергией*. У *первичных* ИП с целью уменьшения искажений, вносимых ИП в исследуемую среду, обмен энергией осуществляется на самом малом уровне. Из-за этого мощности выходного сигнала первичного ИП обычно не хватает для регистрации либо передачи по каналу связи, вследствие чего необходимы последующие преобразования, тем либо иным образом способствующие повышению мощности.** Эти преобразования выполняются промежуточными ИП.

Входными и выходными сигналами промежуточных ИП могут быть любые сочетания из следующих: постоянный ток, переменный ток, частота следования импульсов различной

---

* Размер физической величины — это количественное содержание в данном объекте свойства, соответствующего понятию «физическая величина» (ГОСТ 16263-70).

** Причина не только в недостатке мощности. Например, зачастую различны виды выходных сигналов первичных ИП и необходимо их последующее преобразование в единый вид и т. д. — *Прим. ред.*

формы и временной сдвиг между ними, частота переменного синусоидального тока, цифровой код и т. д. В зависимости от этого ИП могут быть аналоговыми, частотными, «аналог—код», «код—аналог» и др.

Первичные преобразователи ЭОИП по принципу действия можно разделить на следующие*:

— *электромеханические*, преобразующие, например, механическое перемещение поплавка или скорость потока воды в количество импульсов. В первом случае это — преобразователи уровня воды, во втором — вертушка — преобразователь скорости течения;

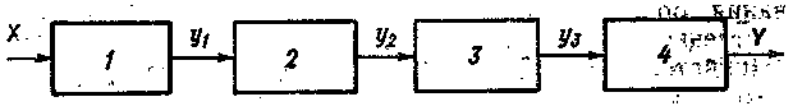


Рис. 77. Структурная схема измерительной цепи прямого преобразования.

— *термометрические* — преобразующие температуру окружающей среды и чувствительного элемента — терморезистора — в электрическое сопротивление;

— *потенциометрические* — преобразующие механический прогиб чувствительного элемента — мембраны в перемещение движка потенциометра, т. е. в электрическое сопротивление;

— *тензометрические* — преобразующие механическую деформацию сечения тонких высокоомных проводников в электрическое сопротивление;

— *магнитострикционные* — преобразователи электромагнитной энергии переменного тока (например, ультразвуковой частоты) в катушке в энергию ультразвуковых колебаний водной среды или наоборот;

— *индуктивные* (трансформаторные), преобразующие проводимость водной среды в напряжение переменного тока во вторичной обмотке трансформатора;

— *индукционные* — преобразователи скорости перемещения чувствительного элемента в постоянном магнитном поле в ЭДС.

Для рассмотрения методов измерительных преобразований электрические приборы представляются в виде функциональных структурных цепей из измерительных преобразователей — *звеньев*. Методу *прямого преобразования* соответствует *последовательное* соединение звеньев в измерительной цепи на структурной схеме рис. 77. Первым звеном в такой цепи

---

* Приводимая классификация первичных ИП довольно условна. Какой-либо единой классификации в настоящее время не существует. — *Прим. ред.*

является первичный ИП; вторым, третьим и т. д.— промежуточные и передающий преобразователи, а последним — регистратор или индикатор. Разные по принципу действия преобразователи можно условно разделить в свою очередь на отдельные звенья структурной схемы. Измеряемая неэлектрическая величина X последовательно преобразуется в электрические величины y_1, y_2, y_3, Y, причем в регистрирующем устройстве выходной величиной может быть и механическая — для перемещения пера самописца или указателя по шкале.

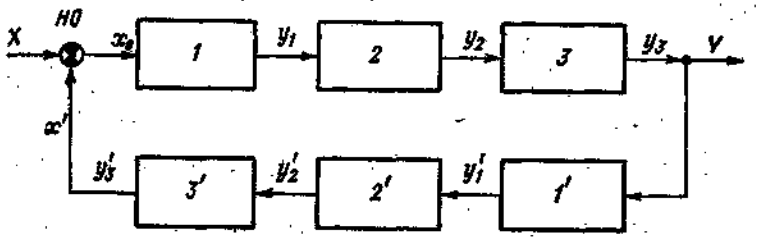


Рис. 78. Структурная схема измерительной цепи уравновешивающего преобразования.

Методу *уравновешивания* соответствует структурная схема рис. 78, содержащая измерительную цепь из звеньев *1—2—3—4* прямого преобразования. Часть выходной величины Y подается в цепь *1′—2′—3′ обратного преобразования*. Иначе ее можно назвать цепью *обратной связи*. Обратная связь может охватывать не все звенья цепи прямого преобразования, а лишь некоторые из них. Этот метод реализует преобразования в обратном направлении — от выхода к входу прибора. Сравнение величин x и x' производится в *схеме сравнения* (иначе ее называют *нуль-органом*), а разность величин $x-x'=X_0$ поступает в цепь прямого преобразования.

Прямой метод преобразования используется в измерительных цепях всех рассматриваемых здесь ЭОИП. Метод уравновешивания применяется в регистрирующих устройствах большинства из них, а также в аналого-цифровых преобразователях цифровых приборов.

Рассмотрим некоторые общие свойства измерительных преобразователей.

Статическая характеристика ИП выражает функциональную зависимость выходной величины y от входной x: $y=f(x)$, которую можно представить и графиком (рис. 79). Во многих случаях желательна *линейная* статическая характеристика

$y = y_0 + S(x - x_0)$. Наклон ее на графике соответствует *абсолютной чувствительности* преобразователя:

$$S_{\Delta x \to 0} = \frac{\Delta y}{\Delta x}\Big|_{\Delta x \to 0} = \frac{dy}{dx} \text{ (1 на графике).}$$

Размерность ее может быть различной в зависимости от размерностей $[y]$ и $[x]$.

Нелинейная статическая характеристика (2 на графике) имеет переменный наклон, а поэтому чувствительность соответствующего ей преобразователя непостоянна в пределах диапазона измерений. Некоторым преобразователям свойственна характеристика, имеющая гистерезисную петлю (3 на графике). Эти характеристики являются *идеальными,* так как не учитывают погрешность преобразования. В действительности же все преобразователи имеют *реальные* статистические характеристики, отражающие наличие в результатах преобразования систематических и случайных погрешностей, из-за которых характеристики становятся неоднозначными. В связи с этим они выглядят на графике *зонами неоднозначности.* В соответствии с характером погрешностей реальные характеристики принимают вид, как показано на рис. 80.

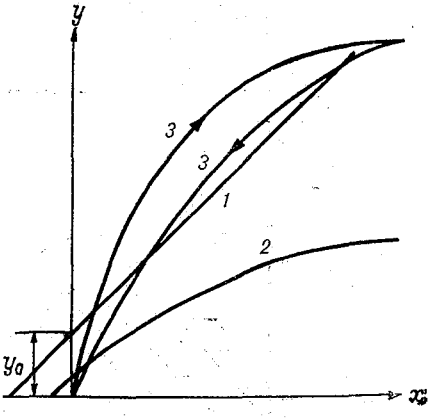


Рис. 79. Идеальные статические характеристики.

Зонам неоднозначности статических характеристик соответствуют доверительные границы случайной абсолютной погрешности $|\Delta|$ с заданной доверительной вероятностью при измерении.

В общем случае статическая характеристика измерительного преобразователя может быть нелинейной. По известному уравнению статической характеристики $y = f(x, S)$ независимо от размерности в понятие чувствительности $S = dy/dx$ любого измерительного преобразователя вкладывают смысл *коэффициента преобразования* величины x на его входе в величину y на выходе.

Статическая погрешность средства измерения имеет место при измерении постоянной величины.

При измерении *переменной во времени* величины имеет место погрешность средства измерений в *динамическом* режиме.

Динамическая погрешность средства измерений — это разность между погрешностью средства измерений в динамическом режиме и его статической погрешностью, соответствующей значению величины в данный момент.

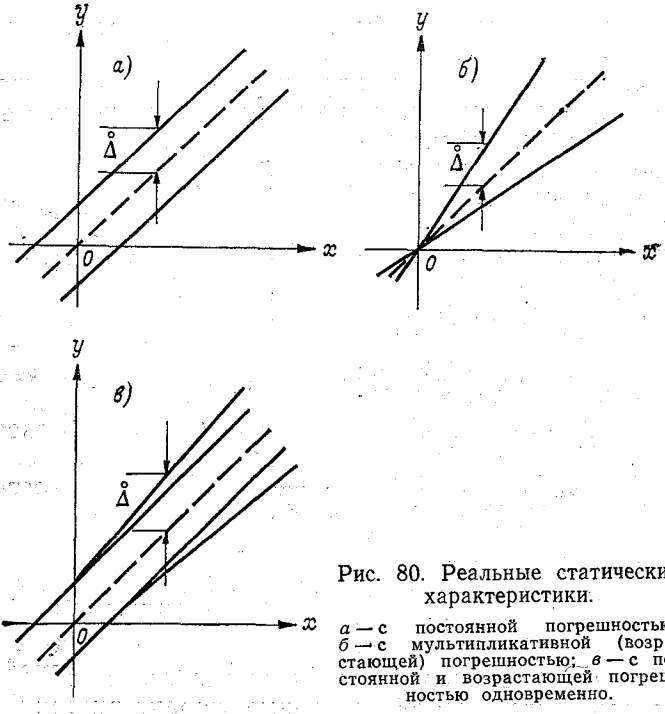


Рис. 80. Реальные статические характеристики.

а — с постоянной погрешностью; *б* — с мультипликативной (возрастающей) погрешностью; *в* — с постоянной и возрастающей погрешностью одновременно.

Измерительные цепи приборов состоят из звеньев, которы имеют свойство инерционности и поэтому процесс преобразо вания занимает конечный промежуток времени. Так, при скач кообразном изменении значения входной величины ново значение выходной величины получается с запаздыванием ил имеет место затухающий колебательный процесс. Примерам инерционных звеньев в частности, так называемых *звенье 1-го порядка*, являются ртутный термометр и термометр сопро тивления для измерения температуры воды $T_в$. Погружени термометра в воду в момент t_0 соответствует скачкообразно изменение значения входной величины — температуры среды — от начального T_0 до конечного $T_в$: $T_в - T_0$.

Процесс изменения температуры чувствительного элемент описывается дифференциальным уравнением первого порядк

$$\frac{dT}{dt} = -\frac{1}{\tau}(T_в - T_0),$$

где T — показания термометра (значение температуры чувствительного элемента); τ — постоянная величина; t — время.

Для $t > t_0$ решение уравнения имеет вид

$$T_в - T = (T_в - T_0)\, e^{\frac{-t-t_0}{\tau}}.$$

Из этого решения выявляется физический смысл постоянной τ. Во-первых, эта постоянная должна иметь размерность времени; во-вторых, если $t - t_0 = \tau$, то

$$T_в - T = \frac{T_в - T_0}{e}.$$

Таким образом получается, что τ — это *промежуток времени*, за который при скачкообразном изменении входной величины исходная разность между изменившимся значением этой величины и показаниями прибора уменьшится в e раз.

Величину τ называют *постоянной времени.* Значением τ можно характеризовать как в целом измерительный прибор, так и его отдельные звенья — измерительные преобразователи.

Динамическая погрешность в рассмотренном случае может быть выражена как в форме *абсолютной погрешности* $\Delta_д = T - T_в$, так и в форме *приведенной* погрешности

$$\gamma_д = \frac{(T - T_в)\cdot 100}{|T_0 - T_в|} = 100e^{\frac{-t-t_0}{\tau}},$$

где в качестве нормирующего значения принят модуль исходной разности $|T_0 - T_в|$ (диапазон изменения входной величины).

И в том, и в другом случае, как следует из приведенных соотношений, динамическая погрешность является переменной отрицательной величиной.

Если инерционным прибором производятся измерения физической величины, изменяющейся по синусоидальному закону, то решение дифференциального уравнения имеет более сложный вид, а динамическая погрешность становится *знакопеременной.*

Динамические свойства инерционных приборов качественно проиллюстрированы на рис. 81.

Поступивший на вход сигнал X в форме скачка значения входной величины в различных по степени инерционности ИП преобразуется в выходную величину y_0 так, как показано на графике рис. 81 *а*. Кривая *1* соответствует ИП с меньшей инерционностью, а кривые *2* и *3* — с большей инерционностью, что характеризуется постоянными времени τ_2 и τ_3. Гармонический сигнал (рис. 81 *б*) преобразуется с фазовым сдвигом φ и

с амплитудными искажениями. При увеличении частоты f сигнала усиливается влияние инерционности, что выражается в занижении амплитуды выходного гармонического сигнала. В связи с этим при частоте f_2 амплитуда выходного сигнала искажается до допустимой погрешности, а при частоте f_3 никакое

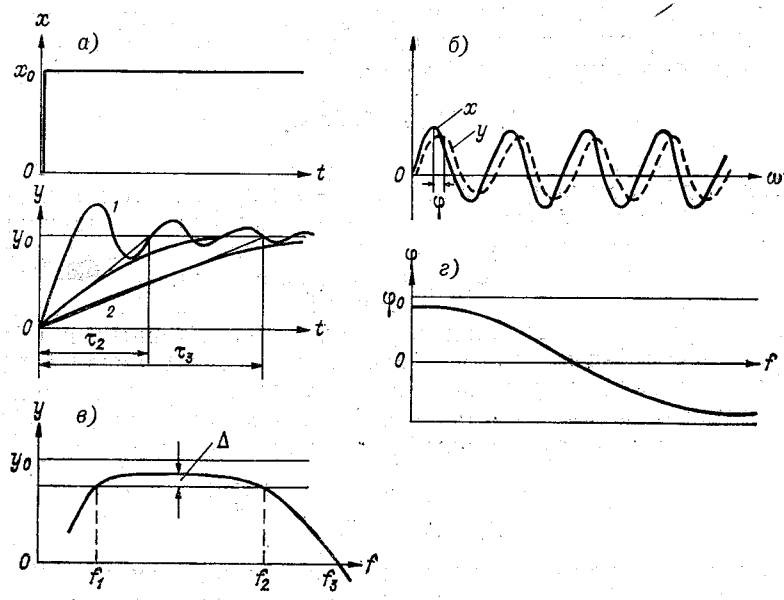


Рис. 81. Динамические характеристики измерительных преобразователей.

а — преобразование скачка входной величины; *б* — преобразование гармонического сигнала; *в* — амплитудно-частотная характеристика; *г* — фазово-частотная характеристика.

преобразование вообще становится невозможным: преобразователь не реагирует на входной сигнал (рис. 81 *в*). Кроме искажения амплитуды гармонического сигнала при увеличении его частоты, имеет место запаздывание преобразования, что выражается в сдвиге по фазе гармонического выходного сигнала относительно фазы входного (рис. 81 *г*).

Сходные по характеру процессы с искажением входных сигналов имеют место и при преобразовании негармонических сигналов. Это легко можно показать, используя способы разложения сигнала на гармонические составляющие.

Рассмотренные свойства ИП необходимо учитывать при измерении быстропротекающих процессов, чтобы динамические погрешности преобразования были в допустимых пределах. В том либо ином виде они отражаются в технических докумен-

тах приборов. Например, в техническом описании автоматических потенциометров КСП — в виде таблицы соотношений амплитуд входного и выходного сигналов при заданных граничных частотах. В формулярах других приборов приводятся номинальные частотные диапазоны или значения постоянных времени, характеризующих динамические свойства при измерении.

Выше приведены некоторые общие характеристики одиночных измерительных преобразователей. Какими свойствами обладают измерительные цепи, составленные из нескольких разных преобразователей? Рассмотрим простейшие из них.

В измерительной цепи *прямого* преобразования (рис. 77), составленной из одной ветви *последовательно* соединенных ИП, обозначим чувствительности преобразователей № 1, 2, 3, 4 соответственно

$$S_1 = \frac{dy_1}{dX}; \quad S_2 = \frac{dy_2}{dy_1}; \quad S_3 = \frac{dy_3}{dy_2}; \quad S_4 = \frac{dY}{dy_3},$$

а чувствительность всей измерительной цепи $S = dY/dX$. Перемножив левые и правые части этих уравнений, имеем

$$\frac{dy_1}{dX}\frac{dy_2}{dy_1}\frac{dy_3}{dy_2}\frac{dY}{dy_3} = \frac{dY}{dX} = S_1S_2S_3S_4 = S_{\text{пр}}.$$

Таким образом, *чувствительность прибора*, составленного из *последовательной* цепи ИП, равна *произведению* чувствительностей отдельных преобразователей.

Если в измерительной цепи с *обратной связью* (рис. 78) чувствительность $S_{\text{пр}}$ цепи *прямого* преобразования $S_{\text{пр}} = S_1S_2S_3$, а чувствительность $S_{\text{об}}$ цепи *обратного* преобразования соответственно $S_{\text{об}} = S_1'S_2'S_3'$, то чувствительность $S_{\text{ур}}$ всей измерительной цепи прибора, использующего *метод уравновешивания*, выразится

$$S_{\text{ур}} = \frac{S_1S_2S_3}{1 + S_1S_2S_3S_1'S_2'S_3'} = \frac{S_{\text{пр}}}{1 + S_{\text{пр}}S_{\text{об}}}.$$

При рассмотрении вопроса о результирующих погрешностях приведенных выше измерительных цепей необходимо иметь в виду следующее. Непосредственное алгебраическое суммирование модулей значений погрешностей отдельных звеньев в общем случае ведет к неоправданному завышению значения суммарной погрешности измерительной цепи. Для ее корректного определения погрешности отдельных звеньев разделяют на составляющие. Затем выясняют степень корреляции составляющих погрешности между собой специальным экспериментом и расчетом (корреляционным анализом). *Тесно взаимосвязан-*

ные составляющие погрешности суммируют *алгебраически*, а *слабо связанные — геометрически* (квадратный корень из суммы квадратов составляющих). Полученные таким образом составляющие суммарной погрешности в виде алгебраической и геометрической сумм снова *суммируют геометрически.*

В измерительной цепи прямого преобразования с линейными звеньями (рис. 77) абсолютная Δ_c и относительная δ_c систематические составляющие суммарной статической погрешности, при условии, что $X = \text{const}$, а звенья цепи имеют тесно взаимосвязанные систематические составляющие погрешности коэффициентов преобразования $\Delta_c S_1$, $\Delta_c S_2$, $\Delta_c S_3$, $\Delta_c S_4$, определяются *:

$$\Delta_c Y = f[X, (S_1 + \Delta_c S_1), \ldots, (S_4 + \Delta_c S_4)] - f(X, S_1, \ldots, S_4);$$

$$\delta_c = \frac{f[X, (S_1 + \Delta_c S_1), \ldots, (S_4 + \Delta_c S_4)] - f(X, S_1, \ldots, S_4)}{f(X, S_1, \ldots, S_4)}.$$

Для измерительной цепи рис. 77 $Y = S_1 S_2 S_3 S_4 X$. Приближенное значение δ_c можно получить по формуле

$$\delta_c = \frac{\Delta_c S_1}{S_1} + \frac{\Delta_c S_2}{S_2} + \frac{\Delta_c S_3}{S_3} + \frac{\Delta_c S_4}{S_4} \approx \delta_{c1} + \delta_{c2} + \delta_{c3} + \delta_{c4}.$$

Для независимых составляющих, например, случайных погрешностей $\delta_i \approx \mathring{\Delta} S_i / S_i$ звеньев с дисперсиями $D[\delta_i]$ в измерительной цепи прямого преобразования дисперсия суммарной погрешности цепи составляет

$$D[\delta] = D[\delta_1] + D[\delta_2] + D[\delta_3] + D[\delta_4].$$

Следует также учитывать, что если независимые погрешности отдельных звеньев имеют *различные законы распределения*, то их геометрическое суммирование выполняется с учетом некоторого коэффициента, зависящего от числа слагаемых и задаваемой доверительной вероятности суммарной погрешности (см. например, раздел 1).

Для структурной схемы с линейными звеньями измерительной цепи с обратной связью (рис. 78) приближенная формула суммарной систематической относительной погрешности (при условии тесной корреляции между $\delta_{c\,пр}$ и $\delta_{c\,об}$)

$$\delta_c \approx \frac{\Delta_c S_{пр}}{S_{пр}} \frac{1}{1 + S_{пр} S_{об}} - \frac{\Delta_c S_{об}}{S_{об}} \frac{1}{1 + \dfrac{1}{S_{пр} S_{об}}} \approx$$

$$\approx \delta_{c\,пр} \frac{1}{1 + S_{пр} S_{об}} - \delta_{c\,об} \frac{1}{1 + \dfrac{1}{S_{пр} S_{об}}}.$$

* Здесь не рассматриваются те неисключенные остатки систематической погрешности, которые в общем случае имеют вероятностный смысл (см. раздел 1).— *Прим. ред.*

Для той же схемы примем обозначения случайных составляющих погрешности цепи прямого преобразования $\delta_{пр} \approx \approx \overset{\circ}{\Delta} S_{пр}/S_{пр}$ и цепи обратного преобразования $\delta_{об} \approx \overset{\circ}{\Delta} S_{об}/S_{об}$. Приблизительное значение дисперсии $D[\delta]$ случайной составляющей погрешности δ схемы с обратной связью будет

$$D[\delta] \approx \frac{1}{(1 + S_{пр}S_{об})^2} D[\delta_{пр}] + \frac{S_{пр}^2 S_{об}^2}{(1 + S_{пр}S_{об})^2} D[\delta_{об}].$$

Очевидно, значение $D[\delta]$ будет минимальным при заданных $D[\delta_{пр}]$ и $D[\delta_{об}]$, если выбрать $S_{пр}$ и $S_{об}$ такими, что

$$S_{пр}S_{об} = \frac{D[\delta_{пр}]}{D[\delta_{об}]}.$$

Из приведенных соотношений при отмеченных выше условиях для измерительной цепи прибора, использующего метод уравновешивания, следуют выводы:

1) суммарная систематическая погрешность по сравнению с суммарной систематической погрешностью цепи прямого преобразования *уменьшается*;

2) суммарную *систематическую* погрешность можно свести к *минимуму*, увеличивая значения $S_{пр}$ и $S_{об}$. Однако увеличивать $S_{об}$ невыгодно, так как при этом уменьшается чувствительность S всей цепи. Выгодно увеличивать только $S_{пр}$;

3) при условии $S_{пр}S_{об} \gg 1$ имеем $\delta_{с\,пр} \approx \delta_{с\,об}$;

4) можно свести к *минимуму* также и дисперсию $D[\delta]$ *случайной* составляющей погрешности;

5) поскольку погрешности $\delta_{с\,пр}$ и $\delta_{с\,об}$ имеют обратные знаки, *возможна компенсация* этих погрешностей, если они имеют одинаковое происхождение в звеньях прямой и обратной цепей схемы. Для этого достаточно включить в обе ветви схемы *одинаковые* измерительные преобразователи.

Последним обстоятельством и объясняется широкое использование компенсационного метода (уравновешивания) в измерительных приборах: при этом обычно удается получить более высокую точность, чем в методе прямого преобразования.

15.3. Токовые, частотные и цифровые системы в телеизмерении

С помощью электрических океанографических приборов зачастую производятся измерения при значительном удалении *регистрирующих устройств* от *объекта измерений*. В связи с этим такие ЭОИП выполнены в виде отдельных конструктивных блоков, соединенных линиями связи. Наиболее характер-

ным из них является блок, непосредственно контактирующий с объектом измерений (подводный контейнер, забортный блок, зондирующий комплекс и т. д.), для общего обозначения которого в технической литературе иногда используется нестандартный термин «датчик».

ЭОИП рассмотренного типа характеризуются рядом дополнительных особенностей, присущих *системам телеизмерения:* устройствам, позволяющим измерять один или несколько параметров на расстоянии с помощью передающего преобразователя, канала связи и приемного преобразователя.

Обычным методам электрических измерений при значительном удалении регистрирующих устройств РУ (либо совокупности ИП и РУ) от датчиков свойственны существенные погрешности. Они возникают от нестабильности сопротивления и качеств изоляции соединительных проводов, от потерь в них, от внешних воздействий и помех. Поскольку устройства телеизмерения (ТИ) входят составными частями в структуру большинства ЭОИП, следует вкратце остановиться на некоторых характеристиках процесса ТИ и самих систем.

Процесс ТИ характеризуется следующими основными показателями.

Качество передачи информации об измеряемом параметре. При этом различают все виды рассмотренных ранее погрешностей: они присущи и процессу телеизмерения. Для их устранения или уменьшения приходится использовать специальные приемы и технические средства, например, какие-либо способы модуляции, кодирования, квантование сигналов.

Пропускная способность — максимально возможная скорость передачи информации, которую принято оценивать в бит/с, т. е. числом двоичных единиц за секунду. В реальных каналах связи пропускная способность достигает 2500—5000 бит/с. Она зависит от ширины полосы частот канала связи, вида модуляции, характера и интенсивности помех.

Достоверность передачи. Практически пользуются так называемой *потерей достоверности* $P_д$ — отношением числа ошибок n к общему числу переданных знаков N. Например, если $P_д = 1/10^5 = 10^{-5}$, то это означает, что из общего числа 100 000 переданных знаков утрачен один.

Существенна также *своевременность преобразования* и передачи информации. Она характеризуется временными задержками, обусловленными длительностью передачи и прохождения сигналов по каналу связи; длительностью преобразования, кодирования, приема и регистрации сигналов. У цифровых систем ТИ временная задержка зависит от объема памяти, где информация предварительно может запоминаться, затем обрабатываться в цифровых узлах и выводиться на регистраторы.

Процесс ТИ характеризуется также *помехоустойчивостью* — способностью противостоять различного рода помехам. Она обеспечивается необходимым превышением амплитуды или мощности сигнала над уровнем помех, выбором оптимальной скорости передачи, вида модуляции, способа кодирования и другими методами.

Наконец, *надежность* системы ТИ — способность работать определенное время без отказов, иметь возможно длительный срок службы и пригодность к ремонтам.

Главным признаком, по которому различаются системы ТИ, является *параметр*, используемый для передачи информации об измеряемой величине. Согласно этому признаку применяемые в ЭОИП системы телеизмерения подразделяются на несколько групп, а именно:

системы интенсивности, в которых значение измеряемой величины преобразуется в значение постоянного или переменного тока (токовые системы ТИ) либо напряжения (системы напряжения). Фактически этот процесс соответствует *амплитудной модуляции тока* или напряжения (рис. 82 *а*). Примерами использования систем ТИ, близких по свойствам к системам интенсивности, могут служить измеритель течения ЭМИТ ГМ-15М — для постоянного напряжения и волнографы ГМ-61, ГМ-62 — для переменного напряжения;

частотные и *частотно-импульсные системы* ТИ. В них значение измеряемой величины преобразуется в значение частоты импульсного сигнала (частотно-импульсные системы ТИ) либо гармонического сигнала (частотные системы ТИ). Примером использования частотных систем ТИ могут служить радиоволнограф ГМ-32, а также канал измерения *скорости* течения прибора ГМ-33 (рис. 82 *б*);

системы времени. Разновидностью этих систем ТИ является устройство для измерения *направления* течения измерителя ГМ-33, в котором направление течения преобразуется в длительность интервала между опорным импульсом и информационным импульсом (рис. 82 *в*);

цифровые системы ТИ используют дискретные сигналы в форме цифровых кодов, как, например, в измерителе АЦИТ и зонд-батометре (рис. 82 *г*).

Разные по форме сигналы, используемые в системах ТИ, требуют различных способов и устройств для их передачи. Например, П-образные импульсы можно передавать по проводным линиям связи на расстояние нескольких километров. Для передачи этого же сигнала в водной среде или в эфире требуется его заполнение сигналами соответственно ультразвуковой или высокой радиочастоты. В этих трех вариантах

требуются также различные по конструкции преобразователи и устройства каналов для передачи сигналов.

В технике передачи информации по звеньям устройств ТИ важнейшим является вопрос, как обеспечить передачу сигнала

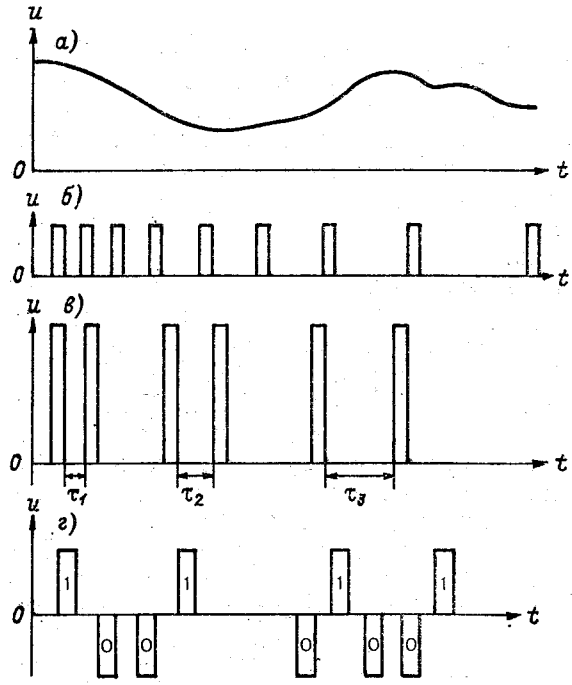


Рис. 82. Формы сигналов в системах ТИ.

а — в системе интенсивности; *б* — в частотно-импульсной системе; *в* — в системе времени; *г* — в цифровой системе.

с *допустимыми* искажениями по форме через все преобразователи. А они всегда обладают *ограниченной* полосой пропускания частот. Это — каналы связи, усилители, фильтры, демодуляторы и др. Теория указывает на возможность разложения сигналов любой формы и периодичности на комбинацию гармонических составляющих разных амплитуд A_i и частот t_i (рис. 83). В зависимости от формы и характера сигнала их значения могут быть различными и составлять так называемый *спектр*. У периодических сигналов этот спектр теоретически неограничен, а это означает, что для их передачи по каналу связи *без искажений* необходима *бесконечно* широкая полоса частот. Практически же это недостижимо, т. е. всегда имеет место *ограничение* спектра частот, а значит, всегда *искажение*

сигнала. Чем уже полоса пропускания канала, тем значительнее искажения. Применением разных видов модуляции, например частотно-импульсной и повторной частотной, в радиоволнографе ГМ-32 частотный спектр сигнала искусственно расширяется. При передаче кодовых сигналов в виде сочетаний разных по форме и длительности импульсов (кодово-импульсная модуляция), например в комплексах зонд-батометр и АЦИТ, спектры сигналов также видоизменяются. С учетом этих обстоятельств используют *оптимальную* полосу пропускания канала, которой соответствует *максимальная* частота F_{max}

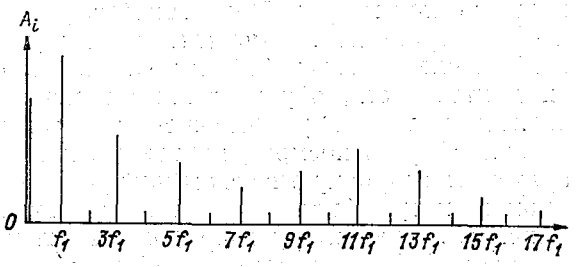


Рис. 83. Пример спектра периодически повторяющихся П-образных импульсов.

в спектре сигнала. Например, гидроакустический канал связи измерителя АЦИТ работает на несущей частоте 20 кГц при ширине полосы пропускания 100 Гц, поэтому спектр частот сигнала ограничен минимальной (19 950 Гц) и максимальной (20 050 Гц) частотами. Линии связи этого же измерителя с телетайпом имеют полосу пропускания около 250 Гц. Для сравнения приведем необходимую полосу пропускания телефонной линии связи: 300—3400 Гц.

Каналом связи считается комплекс технических средств для передачи информации на расстояние. *Линией связи* называют физическую среду, по которой передается информация, например проводные линии связи волнографов ГМ-61, ГМ-62, зонд-батометра, радиолиния связи радиоволнографа ГМ-32. Следует отметить, что одна линия связи может использоваться для нескольких каналов. Так, одна радиолиния измерителя течений ГМ-33 используется одновременно для двух каналов — скорости и направления течения. Проводная линия связи комплекса зонд-батометр используется для передачи информации при измерениях и одновременно для питания опускаемого устройства переменным током частоты 50 Гц.

Разные линии связи пригодны для определенной полосы частот. Так, ультразвуковая гидроакустическая связь (в водной среде) у измерителя АЦИТ осуществляется на оптимальной несущей частоте 20 кГц, а радиосвязь у волнографа ГМ-32 —

на несущей частоте 216 МГц. Для передачи же информации непрерывным сигналом в форме *постоянного* напряжения, модулированного по амплитуде, пригодны только проводные линии связи, как, например, у измерителя течения ГМ-15М.

Линии связи всех видов подвержены воздействию разного рода помех. При передачи информации по каналу связи с помехами она может искажаться, что приводит к погрешностям измерения, сбоям. *Флюктуационные помехи* имеют характер непрерывного во времени случайного процесса. К ним относятся *внутренние помехи*, часто называемые «белым шумом». Они обусловлены дискретной природой электрического тока, поэтому принципиально неустранимы. *Импульсные помехи* имеют характер случайной последовательности импульсов произвольной амплитуды и длительности, обусловленные влиянием внешних электромагнитных полей от работающей электроаппаратуры, процессами в атмосфере и космосе, наводками при коммутации электроаппаратов. В гидроакустическом ультразвуковом канале причинами помех могут быть реверберация звуковых волн, а также различные по характеру и природе шумы моря. Практически в каналах ТИ одновременно действуют *комбинации* разного рода помех.

Для защиты от помех в системах ТИ выбираются конкретные конструктивные решения: оптимальные ширина полосы пропускания канала, степень усиления сигналов, амплитудно-частотные характеристики звеньев измерительной цепи, вид модуляции и скорость передачи.

Информация, передаваемая по каналам, может быть представлена в форме *непрерывного* сигнала или *дискретного* — в виде импульсов. Пример непрерывного сигнала — постоянное напряжение в линии связи измерителя течения ГМ-15М. Другой пример — переменное напряжение частоты 5 кГц, модулированное по амплитуде в линии связи волнографа ГМ-61 в соответствии с ординатами взволнованной водной поверхности. Примеры дискретных сигналов: информация от приставки к СУМ ГМ-39 к регистратору; кодо-импульсные сигналы от выводных устройств цифровых приборов к регистраторам и ЭЦВМ. Непрерывные сигналы, однако, также могут быть переданы в дискретной форме путем замены непрерывного ряда значений физической величины *ограниченным числом ее значений* — набором дискретных сигналов, например кратковременными импульсами напряжения, пропорционального значению измеряемой физической величины в соответствующие моменты времени. Эти импульсы разделяются промежутками времени Δt — *шагом квантования*, а саму эту операцию называют *квантованием по времени* (рис. 84). Одну и ту же информацию можно передавать с разным шагом квантования. При увеличе-

нии его до Δt_2 количество передаваемых уровней уменьшается и на противоположном конце линии связи может наступить недопустимая потеря информации (как в точке A). С еще бо́льшим увеличением шага квантования (до Δt_3) восстановление информации на приемной стороне линии связи становится совсем невозможным (точки B, C). Уменьшение же шага квантования Δt_1 приведет к избыточности информации — ненужным сообщениям и повторениям. Это равносильно увеличению средней мощности сигнала, излишней загрузке канала связи

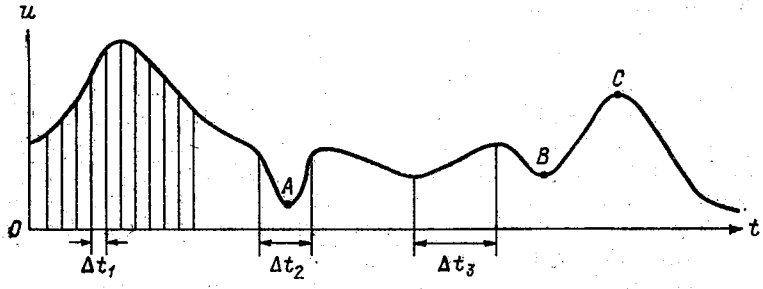


Рис. 84. Квантование сигнала по времени.

и аппаратуры. Поэтому при квантовании непрерывного сигнала целесообразен *оптимальный шаг* Δt. Для его расчета используют *теорему Котельникова*: непрерывный сигнал с ограниченным спектром частот полностью определяется последовательностью дискретных значений в моменты отсчета через интервал времени Δt:

$$\Delta t \leqslant \frac{1}{2F_{\max}} \text{ [с]},$$

где $F_{\max}$ — максимальная частота в спектре сигнала. Если полоса пропускания канала снизу не ограничена, то ее значение соответствует значению $F_{\max}$.

Для решения вопроса о пригодности конкретного канала в условиях помех передавать информацию с *необходимой достоверностью* за ограниченный промежуток времени используются следующие характеристики.

1. *Объем сигнала*

$$V = \Delta F T H,$$

где ΔF — полоса частот в спектре сигнала, необходимая для передачи сигнала с допустимыми искажениями. В случае кодоимпульсной или частотно-импульсной модуляции необходимая полоса частот ΔF рассчитывается по формуле

$$\Delta F \geqslant \frac{1}{2\Delta t} \text{ [Гц]},$$

где Δt — например, интервал $\Delta t_{\min}$ между импульсами наименьшей длительности в кодовой комбинации (рис. 82 *г*); T — время передачи всего сообщения в виде кодовых комбинаций; $H = \log_2 (P_с/P_ш)$ — превышение мощности $P_с$ сигнала над мощностью $P_ш$ помех. $P_с$ и $P_ш$ определяются путем осциллографирования при испытаниях каналов. Объем сигнала V можно представить как объем параллелепипеда со сторонами ΔF, T, H. Один и тот же объем сигнала может быть получен изменением ΔF, T и H.

2. *Емкость канала*

$$V_к = \Delta F_к T_к H_к,$$

где $\Delta F_к$ — полоса пропускания канала; $T_к$ — время действия канала; $H_к = \log_2 (P_к/P_ш)$, где $P_к$ — максимальная мощность сигнала. Канал связи пригоден для передачи информации с поставленными условиями, если $\Delta F_к \geqslant \Delta F$; $T_к \geqslant T$; $H_к \geqslant H$. Однако, если не все эти три условия выполнимы, то сигнал преобразуют так, чтобы при изменении, например, ΔF или T сохранялось бы неравенство $V_к \geqslant V$.

Пример. В канале с характеристиками $F_к = 150$ Гц, $T_к = 0{,}5$ с, $P_к/P_ш = 16$ передается кодовый сигнал общей продолжительностью $T = 0{,}033$ с; временной интервал между импульсами наименьшей длительности $\Delta t = 1{,}5$ мс. Мощность сигнала в 8 раз превышает мощность помех в канале. Проверить, пригоден ли данный канал для передачи этого сигнала.

Объем сигнала: $V = \Delta F T H = [1/(2\Delta t)]\, T \log_2 (P_с/P_ш) = [10^3/(2 \cdot 1{,}5)] \cdot 0{,}033 \cdot 3 \approx 33$.

Емкость канала $V_к = \Delta F_к T_к H_к = \Delta F_к T_к \log_2 (P_к/P_ш) = 150 \cdot 0{,}5 \cdot 4 = 300$. Емкость канала $V_к$ значительно больше объема сигнала V. Но полоса пропускания его $F_к$ меньше необходимой полосы частот ΔF. Чтобы было возможно воспользоваться этим каналом, необходимо изменить интервал между импульсами сигнала так, чтобы было $\Delta F_к \geqslant \Delta F$, например $\Delta t' = 4$ мс, а продолжительность передачи принять $T = 0{,}085$ с. Тогда $\Delta F = 1/(2\Delta t') = 10^3/(2 \cdot 4) \approx 125$ Гц, а объем сигнала остается прежним: $V = 125 \cdot 0{,}085 \cdot 3 \approx 33$.

Из примера видно, что «растяжение» сигнала по времени приводит к сжатию его частотного спектра. Реализовать такой способ использования канала можно записью сигнала на магнитную ленту с одной скоростью ее протяжки и последующей передачей по каналу с *пониженной* скоростью протяжки.

Для передачи информации по каналу и дальнейшего преобразования она представляется в удобной для этого форме. Приемы, используемые с этой целью, называют *кодированием*, а форму представления сообщений называют *кодом*. Широко распространен в радиосвязи код Морзе, в котором комбинациями из «точек» и «тире» передаются буквы алфавита и цифры. Для этой же цели в телеграфии используется код МТК-2. В нем используются комбинации токовых и бестоковых «посылок» по проводной линии связи, а на 5-дорожечной перфоленте пробиваются комбинации отверстий. Недостаток этих кодов

в том, что при утрате одного верного элемента в комбинации (например, «точки» или бестоковой «посылки») получается искажение информации. В цифровых приборах и ЭЦВМ применяют различные коды для передачи цифровой информации. Привычная в обиходе 10-ричная система счисления в таких приборах выгодно заменяется двоичной (бинарной), двоично-десятичной, восьмеричной, а в ЭЦВМ используется и 16-ричная. Числа, выраженные в этих системах счисления, легко переводятся из одной системы в другую; с ними производятся любые арифметические и логические операции с помощью дискретных электронных устройств. Однако и эти коды в случае утраты или случайного появления из-за помех даже одного элемента в сочетании дают искажение информации. Если кодовые элементы и их комбинации передаются последовательно во времени по общей линии связи, то код называют *последовательным*. *Параллельным* кодом называют условно способ передачи, когда каждому разряду числа соответствует отдельная линия связи. Для защиты от случайных искажений, снижающих достоверность информации, применяются *коды с обнаружением ошибок*. В них используются не все возможные комбинации, а например, только с четным количеством единиц: 0 — 00000, 1 — 00011, 2 — 00101, 3 — 00110, 4 — 01001, 5 — 01010 и т. д., или с постоянным количеством единиц и нулей: 1 — 0000111, 2 — 0001011, 3 — 0010101, 4 — 0101010, 5 — 1010100 и т. д. В комплексе зонд-батометр используется *корреляционный* код с обнаружением ошибок. В нем нуль передается «01», а единица — «10», т. е. двумя знаками, а сочетания «00» и «11» указывают на искажение в комбинации, запрещая ее прохождение в схему для обработки:

0 — 01 01 01 01; 3 — 01 01 10 10;
1 — 01 01 01 10; 4 — 01 10 01 01;
2 — 01 01 10 01; 5 — 01 10 01 10.

При подготовке к обработке результатов измерений цифровыми приборами с помощью ЭЦВМ типа «Минск-32» применяется код автоматического цифропечатающего устройства (АЦПУ) для цифр, букв русского и латинского алфавитов и служебных знаков.

15.4. Способы и средства регистрации океанографической информации

Информация, полученная в процессе измерений различными электрическими океанографическими измерительными приборами, должна быть надлежащим образом обработана для

получения окончательных результатов. Для этого ее необходимо регистрировать в той или иной форме. Наилучший вариант — получить готовые результаты сразу же в процессе измерения либо с окончанием измерений. Однако для этого необходимы автоматические быстродействующие средства обработки информации и документирования. Практически ими могут быть ЭВМ. В остальных случаях измерительную информацию необходимо предварительно регистрировать на каком-либо *носителе* и хранить до ее обработки. *Регистрирующие устройства* (РУ) подразделяются на две большие группы: аналоговые и цифровые. В *аналоговых* РУ измеряемая величина чаще всего представляется в виде графика. В этом случае удобно быстро и наглядно анализировать ход исследуемого процесса, наблюдать его в динамике, выявлять экстремальные и другие характерные значения даже нескольких параметров. С другой стороны, этой форме регистрации присущи трудность высокоточных отсчетов, наличие субъективных погрешностей оценок и отсчетов величин, необходимость дальнейших преобразований и обработки, что вносит дополнительные погрешности. В *цифровых* РУ измеряемая величина представляется в цифровой форме. В этом случае возможны высокоточные измерения, исключаются субъективные погрешности; имеется возможность дальнейшего преобразования, передачи и обработки цифровой информации без значительных добавочных погрешностей. Цифровым РУ также присущи, однако, некоторые недостатки: трудность быстрого восприятия характера исследуемого процесса в динамике, особенно сразу нескольких параметров; некоторая сложность анализа характерных значений, большая сложность конструкции. Преимущества и недостатки обеих групп РУ наилучшим образом учитываются использованием в ЭОИП одновременно аналоговых и цифровых РУ, как, например, в комплексе зонд-батометр.

В процессах регистрации можно различить три основных технологии.

1. *Нанесение отличительного слоя вещества* на носитель информации. Это способы регистрации чернилами, пастой (потенциометры КСП, координатные построители). Способ наиболее прост, но применим только для регистрации информации в аналоговой форме. Носитель информации — бумажная лента со шкалой; хранится в виде рулонов. Срок хранения и прочность носителя ограничены качеством бумаги.

Разновидностью способа является *знакопечатание* (ЭУМ-23, Т-51, РТА7-Б). Оно пригодно и для аналоговой (многоточечные регистраторы), и для цифровой информации. Однако этот способ требует относительно сложных электромеханических устройств, поэтому надежность их меньше. Скорость печатания

10—20 знаков в секунду. Плотность информационного текста ограничена размерами знаков. Носитель информации — бумажная лента.

Перспективны *струйные* способы нанесения чернил или порошка соплом, так называемое перфорационное знакопечатание. Соответствующие устройства находятся в стадии экспериментальной отработки.

2. *Изменение свойств вещества.* Сюда относятся электрохимический и электротермический способы регистрации электроконтактом на специальной бумаге, изменяющей цвет при прохождении тока в точке контакта (ПЭЛ-2, ПЭЛ-3). Быстродействие, плотность записи, срок хранения документов сходны с приведенными выше. Способ требует применения устройств электромеханической развертки, что также ограничивает надежность РУ. Бумажная лента хранится в рулонах. Сюда же относится *электромагнитный* способ регистрации — с использованием остаточного магнетизма ферромагнитного слоя носителя (АЦИТ, ПКЭЦВМ «Искра-1250»). Быстродействие может быть очень высоким и соответствует частоте кодово-импульсной модуляции. Плотность записи — десятки бит на 1 мм длины ленты. Срок службы носителя — *магнитной ленты* — до 80 000 прогонов. Способ выгоден из-за очень большой плотности записи и компактности носителей. Применяются также *магнитные карты* нескольких размеров. Преимуществом их является также возможность многократного использования — перезаписи информации.

3. *Перфорация* — пробивка на носителе (перфолента, перфокарты) комбинаций отверстий по правилам какого-либо кода. Способ используется в перфорационных устройствах ПЛ-80, Т-51, Т-7Б. Плотность пробивки может быть более 100 000 знаков на одну бобину ленты. Требует электромеханических устройств. Специфичный недостаток — для считывания информации необходим комплект трансмиттер—регистратор.

В качестве аналоговых РУ в измерительной технике широко распространены *автоматические потенциометры* типа КСП, предназначенные в ЭОИП для измерения и регистрации входного напряжения. Носитель информации — бумажная лента со шкалой. По оси ординат получаемого при регистрации графика фиксируется измеряемая величина в некотором масштабе, а по оси абсцисс — время. Ось времени ориентирована вертикально. Наиболее употребителен потенциометр в модификации КСП-4. Его основные технические характеристики следующие: диапазон измерения 0—10 мВ, класс точности (0,25), ширина диаграммной ленты 250 мм; скорости протяжки: 20, 60, 240, 720, 1800, 5400 мм/ч, а также десятикратные значения этого ряда;

время прохождения указателем всей шкалы 1 с; при амплитуде входного сигнала 45 % от номинальной, граничная частота 0,55 Гц, напряжение питающей сети 220/50 Гц, потребляемая мощность 55 Вт, средний срок службы 6 лет, масса 25 кг. Измерение входного напряжения в КСП-4 осуществляется компенсационным методом. Основные узлы прибора — мостовая измерительная схема (рис. 85), фазочувствительный усилитель стандартного образца «УЭД—03» с преобразованием постоянного напряжения на входе в переменное (это преобразование необходимо потому, что стабильность работы усилителей *переменного* напряжения лучше, а схема их проще); ИПС — источник стабилизированного напряжения питания мостовой измерительной схемы; фильтр от помех входному сигналу; привод движка реохорда, лентопротяжный механизм, узел указателя и пишущего пера. В плечи мостовой измерительной схемы включены резисторы *R3*, *R4*, *R7*, *R9* и *R10*, а также реохорд *R1* с шунтами. *R8* и *R11* — ограничители рабочего тока от источника ИПС, включенного в одну диагональ мостовой схемы. В другую измерительную диагональ через фильтр *РФ1÷РФ3* и *СФ1÷СФ3* включен фазочувствительный усилитель. Источник измеряемой ЭДС включается последовательно в эту же диагональ мостовой схемы. В случае разбаланса ее усилитель преобразует сигнал в форме постоянного напряжения в переменное и усиливает его до значения, необходимого для управления двухфазным асинхронным реверсивным двигателем *M1* (РД-09 А), который через редуктор и тросик перемещает движок реохорда *R1* в положение, соответствующее балансу мостовой схемы. С валом двигателя *M1* механически связан указатель шкалы и перо самописца. В момент равновесия схемы указатель и перо неподвижны, их положение соответствует значению измеряемого параметра. *M2* — синхронный двигатель. Через редукторный переключатель скоростей протяжки ленты он приводит в движение барабан с лентой. Диаграммная лента, сложенная в виде «гармошки», сматывается барабаном, протягивается под пером самописца на лицевой панели прибора, укладываясь снова в «гармошку». В конструкции КСП-4 предусмотрено выдвижение кронштейна с узлами прибора из корпуса — для технического обслуживания. При этом же производится смена масла в редукторах двигателей, смена диаграммной ленты, чернил, наблюдение за состоянием реохорда.

В составе радиоволнографа ГМ-32 применяется автоматический потенциометр раннего образца — ЭПП-09, а в составе волнографов ГМ-61, ГМ-62 и измерителя течения ГМ-15М — потенциометр более позднего образца КСП-2. Оба они по

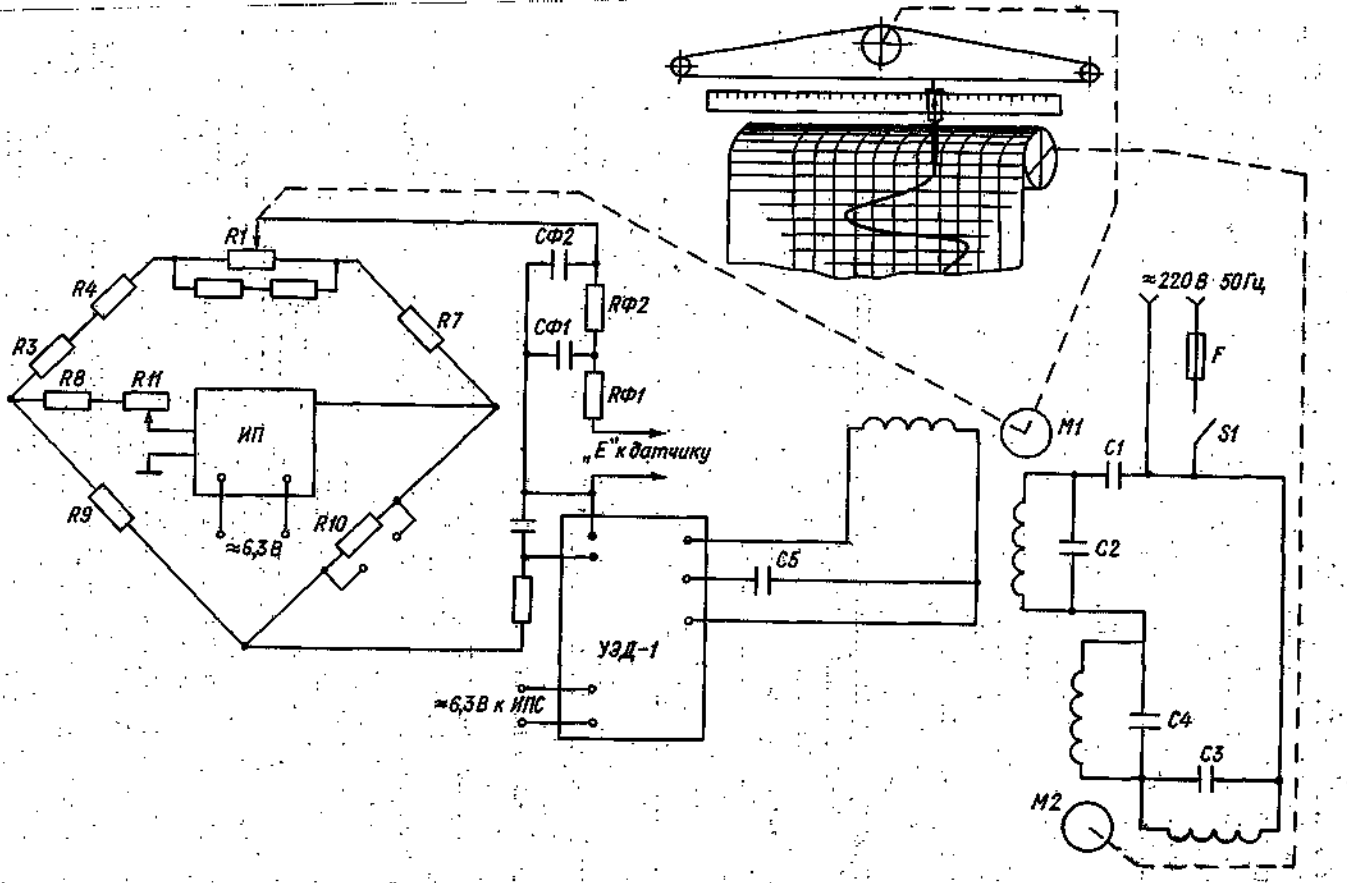


Рис. 85. Принцип действия потенциометра КСП-4.

принципу действия полностью аналогичны описанному выше, но имеют некоторые конструктивные особенности. КСП-2 отличается меньшими габаритами: ширина диаграммной ленты 160 мм, скорость протяжки ленты до 2400 мм/ч, основная погрешность измерения ±0,5 %, регистрации ±1 %. В приборе применен стандартный транзисторный усилитель типа УПД, исполнительный двигатель типа Д219П1. Лента — рулонная. В механизме протяжки ленты — синхронный двигатель ДСМ.

Усилители типов УЭД и УПД заменяются в современных модификациях потенциометров унифицированным усилителем типа У1-02 в блочно-модульном исполнении с применением интегральных микросхем серии К140.

В качестве регистратора информации в аналоговой форме от зонд-батометра применяется *двухкоординатный регистрирующий прибор*, например ПДС-021М. Входные сигналы этого прибора — постоянные напряжения. ПДС-021М строит на бумаге график зависимости, например, температуры от глубины или электропроводности от глубины; допускает изменение масштабов построения и настройку по входным сигналам для обеих координат.

Для регистрации информации, поступающей от измерителя АЦИТ, используется телетайп Т-51. Он управляется кодом МТК-2 в старт-стопном режиме и регистрирует информацию в виде текста на широкой ленте, а также на узкой 5-дорожечной перфоленте со скоростью до 400 знаков в минуту. Могут также применяться телетайпы позднего образца, например РТА7-Б с печатающей головкой, отличающийся бесшумностью работы.

Регистрация информации от зонд-батометра может осуществляться перфоратором ПЛ-80 на 5-дорожечной перфоленте двоично-восьмеричным кодом со скоростью до 80 строк в секунду.

Электрифицированная печатающая машинка ЭУМ-23 (или ЭУМ-46) регистрирует на широкой бумажной ленте информацию от зонд-батометра со скоростью 6—9 знаков в секунду. Печать двухцветная. Управление ЭУМ-23 (46) производится сигналами, представленными в виде десятичного кода. Одновременно возможна печать трех экземпляров документов. В составе зонд-батометра может применяться также цифропечатающее устройство МП-16-2, регистрирующее информацию на узком рулоне бумажной ленты.

В качестве регистратора информации цифровых ЭОИП используется *кассетный накопитель на магнитной ленте — КНМЛ*. Он представляет собой малогабаритное устройство для записи, считывания, стирания информации и перемотки магнитной ленты. Запись производится 8-элементным двоичным

помехозащищенным (с проверкой на четность) кодом по ГОСТ 13052-67. Скорость записи — до 200 знаков в секунду. Устройство управляется сигналами от специальных электронных узлов цифровых приборов. Предусмотрены включение, выключение, стирание, блокировка записи при окончании ленты. Технология записи информации от зонд-батометра обеспечивает взаимодействие с ЭЦВМ через стандартный канал связи (интерфейс). Физическая основа магнитной записи — способность ферролака, нанесенного тонким слоем на немагнитную основу (ленту или карту), сохранять остаточную намагниченность определенного знака, создаваемую тонким зазором кольцевого электромагнита — магнитной головки (рис. 86). При пропускании импульсов тока через обмотку магнитной головки и одновременном протягивании магнитной ленты у зазора головки на ферролаковом покрытии остаются магнитные диполи. В зависимости от ориентации вектора намагничения этих диполей им присваивается значение «1» или «0», что и составляет комбинации двоичных чисел, записанных таким образом на магнитной ленте. Для считывания информации с магнитного носителя используется обратный эффект: при протягивании магнитной ленты или карты у зазора магнитной головки в ее обмотке индуктируется ЭДС импульсной формы. Эти сигналы усиливаются и формируются в электронных узлах для преобразования в код регистрирующего устройства. Порядок записи на магнитном носителе у цифровых приборов различный. В измерителе АЦИТ образца 1976 г. информация записывается корреляционным кодом на двух, отстоящих одна от другой по ширине ленты, дорожках знаками по 48 или по 108 бит (1 бит = «0» или «1»). В конце такой *зоны* записывается разделительный сигнал «11», отсутствующий в сочетаниях корреляционного кода. По этому сигналу протяжка ленты прекращается. В комплексе зонд-батометр информация записывается 8-элементным двоичным, защищенным от помех кодом с проверкой на четность (ГОСТ 13052-67) зонами по 17 или 22 *байта* (1 байт = 8 бит); между зонами — разделительная пауза 150 мс. Стирание записанной информации на всех магнитных носителях производится протягиванием их у зазора другой магнитной головки (стирающей), которая создает около ферромагнитного слоя переменное магнитное поле *повышенной*

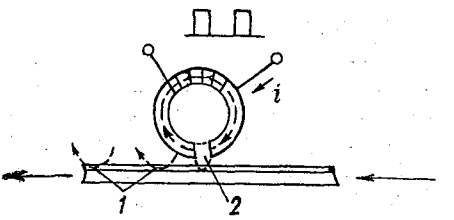


Рис. 86. Физический принцип магнитной записи.

1 — магнитные отпечатки; *2* — зазор.

частоты. В нем магнитные диполи «стягиваются в точку», так как после прохождения зазора влияние этого поля постепенно уменьшается, размагничивая их. Отсутствие магнитных диполей на носителе соответствует «чистой» зоне, на которой вновь возможна запись любой информации.

15.5. Основные положения по технике безопасности при работе с ЭОИП на судах и на берегу

Монтажные работы, эксплуатация, техническое обслуживание ЭОИП на судах и на берегу связано с главным фактором опасности для обслуживающего персонала: **опасностью поражения электрическим током.**

Электрический ток оказывает на человека биологическое действие (сокращение мышц, паралич дыхания и сердца), химическое (электролиз), механическое (разрыв тканей) и тепловое (ожоги). Тяжелые и смертельные исходы травм получаются при воздействии этих факторов в отдельности, а чаще — одновременно. Важнейший фактор исхода электротравмы — *значение тока* по цепи через тело человека. При токе более 10 мА невозможно самостоятельно освободиться от токоведущих частей. Тяжелое поражение вызывает ток в 50 мА. Ток в 100 мА является безусловно смертельно опасным. Значение тока через тело человека зависит от сопротивления тела (100 кОм — 1 кОм) и приложенного напряжения. Переменный ток при напряжении до 300 В частотой от 50 до 1000 Гц опаснее постоянного. Сильное влияние на исход поражения оказывает продолжительность действия тока, состояние кожного покрова и здоровья, путь тока по телу пострадавшего. Однако действие тока на человека изучено еще недостаточно. В литературе указывается на неоднократные случаи смертельного поражения током 5—15 мА и приложенным напряжением около 15 В. С другой стороны, имели место одиночные случаи тяжелого поражения без смертельного исхода током 5—7,8 А при напряжении 6,6—11 кВ. Упоминаются также случаи поражения без внешних травм, но с развивающимися спустя недели и месяцы параличами, сердечно-сосудистыми болезнями, иногда приводившими к смертельному исходу.

Установлено, что около 40 % поражений электротоком объясняются *неправильной эксплуатацией* оборудования, около 25 % — *неудовлетворительной организацией рабочего места* и *квалификацией* обслуживающего персонала, около 30 % — *недочетами конструкции и монтажа* оборудования. Таким образом, более половины случаев электротравматизма *устранимы* простыми организационно-техническими мероприятиями. К ним

относятся: изучение технической документации и инструкций по эксплуатации ЭОИП, грамотное выполнение всех ее предписаний; продуманная организация — расстановка обслуживающего персонала и порядок действий каждого оператора с обеспечением удобства и безопасности работы; систематическое повышение квалификации операторов и проверка уровня подготовленности к обслуживанию приборов.

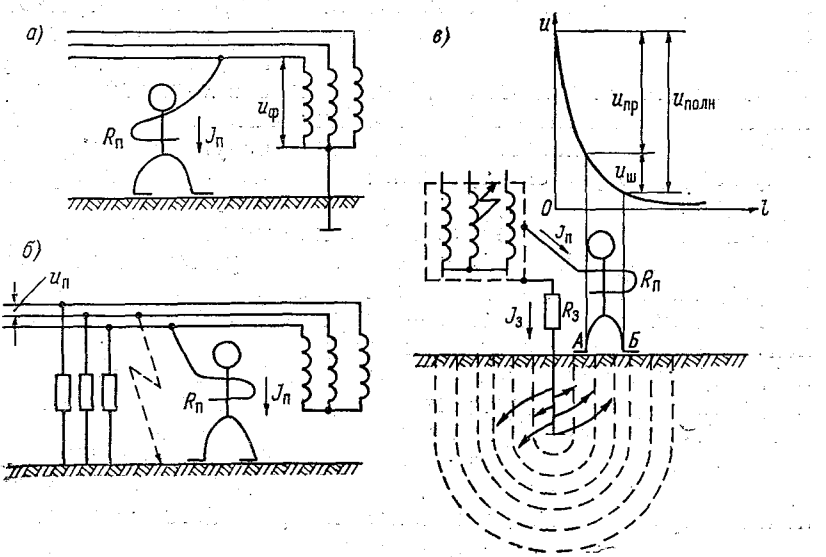


Рис. 87. Поражение электрическим током.
а — трехфазная сеть с заземленной нейтралью; *б* — сеть с изолированной нейтралью; *в* — нарушение изоляции.

Важнейшим фактором предотвращения электротравм является четкое понимание их физических основ. Рассмотрим основные варианты элементарных электрических схем, образуемых при поражениях электротоком.

В составе ЭОИП используются блоки и устройства с напряжением 220 и 380 В переменного тока, а также электронные устройства с напряжением выше 1000 В постоянного тока.

Большинство случаев поражения человека электротоком связано с *прикосновением* к одному полюсу *линейного провода* электросети или к *корпусу* электроустановки, на котором появилось напряжение в результате *нарушения изоляции*. В случае прикосновения к фазе 3-фазной сети с *заземленной нейтралью* (рис. 87 *а*) при самых неблагоприятных условиях (проводящие пол и обувь) ток $I_п$ через пострадавшего с сопротивлением $R_п$ составляет $I_п = U_ф/R_п$. В этом случае *изоляция сети не является защитой* от поражения и пострадавший

находится под *фазным* напряжением сети, которое является **безусловно опасным для жизни**. Если *нейтральный* провод 3-фазной сети с линейным напряжением $U_л = 380$ В *изолирован*, при условии, что длина линии невелика (емкостный ток мал), *однофазное прикосновение* (рис. 87 *б*) дает ток $I_п$ через пострадавшего с сопротивлением $R_п = 1$ кОм и сопротивлением изоляции фазных проводов $r = 500$ кОм: $I_п = 1{,}44U_л/(3R_п + r)$. Этот ток не представляет опасности. Однако при *повреждении изоляции* одной из фаз и *замыкании ее на землю* пострадавший оказывается под *линейным напряжением* $U_л$ (рис. 87 *б* — пунктиром). Сеть с *изолированной нейтралью* с *хорошей изоляцией* и при отсутствии емкостного тока (линия незначительной длины) является *менее опасной*. Практически обслуживающему персоналу важно твердо знать, какой именно из этих двух вариантов питающей сети используется на рабочем месте.

Для защиты человека от поражения электротоком в случае появления *напряжения на корпусе* электроустановки вследствие нарушения изоляции в сети с *изолированной нейтралью* применяется *защитное заземление* — искусственное соединение с землей металлических частей электроустановок (корпусов, панелей, экранов, кожухов), которые при повреждении изоляции могут оказаться под напряжением. При прикосновении к этим частям образуется параллельное соединение сопротивлений — $R_п$ человека и $R_з$ заземляющего устройства (рис. 87 *в*). Ток через человека должен быть безопасным. Для этого сопротивление второй ветви $R_з$ *заземляющего устройства* должно быть *гораздо меньше*, чем сопротивление человека $R_п : R_з \ll R_п$. Практически сопротивление $R_з$ в электроустановках с напряжением до 1000 В должно быть не более 4 Ом. Если мощность питающего трансформатора или генератора не более 100 Вт, то $R_з$ должно быть не более 10 Ом для электроустановок с напряжением более 1000 В с расчетным током замыкания на землю $I_з < 500$ А сопротивление $R_з$ должно быть $R_з = 250/I_з$, но не более 10 Ом. Если при этом заземляющее устройство используется и для установок с напряжением до 1000 В, то $R_з = 125/I_з$.

На рис. 87 *в* показаны линии растекания тока от заземлителя, образующие вокруг него на поверхности грунта или проводящего пола (железобетон, асфальт, сырое дерево) концентрические окружности равных потенциалов в соответствии с кривой на графике. Нулевой потенциал на грунте отстоит от заземлителя на 15—20 м. Ситуация особенно характерна для береговых условий. Напряжение между точками *А* и *Б* на окружностях различных потенциалов называют *шаговым*. Оно может достигать десятков вольт и при плохой изолирующей способности обуви **быть опасным**. Важно отметить, что шаговое

напряжение *воздействует* на находящегося в зоне заземлителя без *какого-либо контакта с корпусом* аварийной электроустановки.

Для защиты от поражения электрическим током применяются также *защитные средства*. У *основных* защитных средств изоляция рассчитана на *полное рабочее* напряжение электроустановки. При работе с электроустановками с напряжением выше 1000 В *основными* защитными средствами являются изолирующие штанги, клещи, лестницы, площадки. При использовании этих средств *допускается прикосновение* к токоведущим частям под напряжением. Вместе с ними применяются *дополнительные* защитные средства, которые отдельно от *основных не обеспечивают* безопасность от поражения электротоком, но используются в качестве меры повышения безопасности при работе с основными средствами. К ним относятся диэлектрические перчатки, рукавицы, галоши, боты, коврики, дорожки и изолирующие подставки. При работе с электроустановками с напряжением до 1000 В *основными* защитными средствами являются диэлектрические перчатки, монтерский инструмент с изолирующими ручками. *Дополнительными* защитными средствами в этом случае являются диэлектрические галоши, коврики и подставки. В случае тяжелого поражения электротоком человека необходимо как можно быстрее освободить его от контакта с токоведущими частями или выключить ток; уложив на спину, для приведения в сознание давать нюхать нашатырный спирт. При отсутствии дыхания, пульса необходимо делать искусственное дыхание способом «изо рта в рот», проводить непрямой массаж сердца.

Эксплуатация и техническое обслуживание ЭОИП на судах, особенно в штормовых условиях, требует повышенного внимания к соблюдению правил техники безопасности (изложены в «Правилах техники безопасности при производстве гидрометеорологических работ»). Для работы с ЭОИП на судах допускаются лица, имеющие удостоверение о прохождении курсов по технике безопасности и подробного инструктажа под расписку о правилах эксплуатации ЭОИП. В приборах, питающихся напряжением выше 24 В, не должно быть открытого доступа к токоведущим частям. Работа с открытыми схемами приборов под напряжением выше 24 В допускается в исключительных случаях — при ремонте, регулировке, профилактическом осмотре и проверке — со строгим соблюдением мер предосторожности, с использованием основных и дополнительных защитных средств. Работа в этих случаях на мокрой палубе не разрешается. Запрещается также включать мокрые приборы. При работе с электрическими приборами с напряжением выше 1000 В, кроме мер предосторожности, необходимо при-

сутствие второго лица. Во время монтажа, ремонта и эксплуатации ЭОИП необходимо выполнять также следующие правила.

При обнаружении открытых контактов и оголенных проводов — выключить ток, устранить повреждение. Смену предохранителей, электроламп, других деталей, а также пайку производить только при выключенном токе. Перед наладочными и ремонтными работами снимать остаточное напряжение с конденсаторов закорачиванием их выводов заземленным инструментом с изолированной ручкой. Запрещается проверять на ощупь наличие напряжения и нагрев токоведущих частей схемы; применять для монтажа и измерений провода и щупы с поврежденной изоляцией; подключать блоки и приборы к другому оборудованию, находящемуся под напряжением. При экспериментальных работах с приборами провода для наружных соединений должны иметь заземленные оболочки; при напряжении до 500 В допускается применять шланговые провода и кабели. На рабочем месте разрешается одновременно ремонтировать один блок или прибор. Допуск к этому месту посторонних лиц не разрешается. При внезапном снятии напряжения в сети приборы *выключаются* оператором до появления в сети напряжения; запрещается оставлять включенные приборы без присмотра. В помещении, где используются электрические блоки ЭОИП, во избежание повышения электропроводности воздуха поддерживаются нормальные влажность и температура. Присоединять и отключать переносные измерительные приборы, требующие разрыва первичной цепи под напряжением до 1000 В, необходимо при полном снятии напряжения. До начала измерений один провод присоединяется к его корпусу. Другим проводом с металлическим щупом длиной не более 2 см касаются нужных точек в схеме прибора. Регулировку электроэлементов внутри прибора с напряжением до 1000 В производят только монтерскими инструментами с изолированными ручками. Открытые панели приборов, имеющие электролитические конденсаторы напряжением более 100 В, для защиты от ожогов электролитом разорвавшегося конденсатора должны разворачиваться в сторону от лица оператора. При невозможности это сделать необходимо защищать лицо оператора полумаской из оргстекла. Переносные контрольные приборы запрещается держать в руках и на коленях, а необходимо размещать на рабочем столе. До начала измерения переносными приборами металлические корпуса их или клеммы «земля» требуется обязательно заземлять. При отключении приборов провод защитного заземления отсоединять **последним**. В случае, если на части прибора или провода попала вода или иная жидкость, перед включением прибора ее необходимо нейтрализовать, просушить, и проверить исправность изоляции.

Для предотвращения случайного касания металлического контакта вилки шнура питания прибора при выключении ее из штепсельной розетки запрещается тянуть за провод и другой рукой касаться металлических частей и корпуса прибора. При работе с паяльником возможно особо опасное для глаз разбрызгивание расплавленного припоя, поэтому рекомендуется использовать полумаску или защитные очки. Пары спирта, канифоли и расплавленного припоя ядовиты — необходимо проветривание помещения и промывание рук после работ. Корпусы электродвигателей надежно заземляются; немедленно отключаются двигатели при появлении дыма или огня из корпуса или пуско-регулирующей аппаратуры, несчастного случая с обслуживающим персоналом, возникновении вибрации и нагрева подшипников сверх допустимой нормы, сильного снижения скорости вращения вала и быстрого нагрева двигателя. При ремонте двигателя его питание обязательно отключается, а на привод навешивается плакат «Не включать — работают люди». Женщины при обслуживании электродвигателей должны носить головной убор и спецодежду. В случае пожара, загорания прибора следует немедленно выключить главный рубильник лаборатории и только после этого можно тушить пламя углекислотным огнетушителем или песком. По окончании работ с приборами все они должны быть обесточены, а источники электропитания отключены главным рубильником. Все временные перемычки и изменения в схемах, внесенные для удобства в работе, устраняются. Перед началом работ на антенно-мачтовом устройстве на питающий рубильник необходимо навесить плакат «Не включать — работают люди»; при приближении или во время грозы у антенны работать запрещается.

Вопросы и задания

1. Указать основные различия аналоговых и цифровых измерительных приборов, их преимущества и недостатки.
2. Каково назначение преобразователей в структурной схеме измерительного прибора?
3. Чем отличаются методы прямого преобразования и методы уравновешивания?
4. Что такое статическая характеристика измерительного преобразования? Какие бывают ее разновидности?
5. От чего возникает динамическая погрешность преобразования?
6. В чем преимущества компенсационного метода преобразования?
7. Какими характеристиками обладают системы телеизмерения?
8. В чем преимущества цифровых систем ТИ перед другими?
9. Какой практический смысл имеет квантование сигналов в системах телеизмерения?
10. От чего зависит объем сигнала? Какое соотношение должно соблюдаться между объемом и пропускной способностью канала связи?
11. Как классифицируются средства регистрации по технологии процесса?

12. Каков принцип действия автоматического электронного потенциометра КСП-4?
13. В чем заключается принцип действия кассетного накопителя информации на магнитной ленте?
14. Какая сеть является более опасной для обслуживающего персонала — с изолированной или с заземленной нейтралью?
15. Перечислить основные и дополнительные защитные средства для работы с электроустановками с напряжением до 1000 В.
16. Перечислить правила обращения с переносными приборами.

Глава 16
ПРИЕМКА, ХРАНЕНИЕ И ТРАНСПОРТИРОВКА ПРИБОРОВ

16.1. Приемка приборов

Приемка ЭОИП производится при получении новых приборов, после ремонта и длительного хранения с консервацией. Цель приемки — проверка комплектности и пригодности к эксплуатации, а также состояния технической документации и ее содержания. Приемка выполняется специально назначаемой для этого комиссией, производится в регламентированные сроки с составлением документов, которые надлежащим образом удостоверяют результаты этой работы, содержат практические предложения о ликвидации установленных недостатков и направляются заинтересованным органам для принятия должных мер и с целью учета полученных результатов в дальнейшей деятельности. В ряде случаев документы, составленные в результате работы комиссии, служат в качестве оправдательных у лиц, ответственных за эксплуатацию ЭОИП, а также в качестве материалов для рассмотрения споров между заинтересованными организациями и лицами. В комиссии по приемке должны состоять лица, деятельность которых связана с эксплуатацией приборов, несущие ответственность за их хранение, специалисты по океанографической измерительной технике, а в ряде случаев привлекаются специалисты и из сторонних организаций, не заинтересованные в каких-либо практических результатах работы комиссии лично. Комиссия назначается приказом начальника заинтересованной в приемке организации; документы подписываются всеми участниками приемки, утверждаются вышестоящим начальником принимающей организации Госкомгидромета и направляются в надлежащие сроки всем заинтересованным организациям.

Приемка подразделяется на два этапа: приемка по количеству и приемка по качеству. Порядок производства приемки регламентируется приказом начальника территориального

управления Госкомгидромета. По каждому из этих видов работ составляется специальный Акт комиссии.

Приемка по количеству заключается в проверке сохранности при перевозке ЭОИП тары, пломб, состояния вагона, контейнера, фургона; соответствия наименования груза содержанию транспортных документов. Проверяются также сроки доставки грузов и соблюдение правил перевозки. Эти сведения необходимы в случаях поломок тары и повреждения грузов, неправильной установки тары с маркировками «верх», неправильной перевозки грузов с маркировками «осторожно — стекло» и «точные приборы». Проверяется также количество транспортных мест и соответствие его содержанию в транспортных документах. В случаях отклонений от норм при перевозке, в состоянии тары, количестве мест получатель может потребовать от транспортной организации соответствующих отметок на транспортном документе, а также составляется коммерческий акт (при перевозке в вагонах) или специальный акт (при перевозке автотранспортом). В них указываются все особенности результатов осмотра.

Вскрытие тары производится в местах с надписями «верх». По сопровождающим груз документам устанавливают надлежащее количество приборов, приспособлений, принадлежностей, ЗИПа, расходного материала и другого имущества. Для этого используется формуляр, опись тары, ярлыки с перечнем содержимого, опись документов. На прилагаемых к имуществу пломбах, клеймах и в документах проверяются наименования завода-изготовителя, фамилии и номера контролеров, упаковщиков, наличие печатей и подписей. Упаковочные ярлыки сохраняются. При выяснении комплектности имущества в упаковочной таре необходимо тщательно ознакомиться с инструкциями к прибору, формулярами блоков и другими прилагаемыми к нему документами: в них могут быть разъяснения об изменении в комплектации, сведения об особенностях транспортировки (например, раздельной транспортировки некоторых узлов) и способах укладки или крепления блоков.

Следует внимательно ознакомиться со способами укладки и крепления содержимого в ящиках, отсеках и боксах. Это необходимо, чтобы предотвратить поломку узлов при их изъятии, а также для приобретения навыка в размещении содержимого в случае повторной транспортировки или консервации. Все транспортные приспособления в таре, заполнители (стружка, пенорезиновые амортизаторы, пенопластовые коробки, картон, вата) сохраняются для тех же целей. Сохраняется и стандартная тара, отмеченная в описи. При несоблюдении этих рекомендаций часто возникают большие затруднения в изыскании подходящей тары, а тем более в изготовлении специальных крепящих приспособлений, амортизаторов и надле-

жащем приготовлении нестандартной тары к перевозкам по железной дороге. Повторная же транспортировка приборов может оказаться необходимой и по окончании работы комиссии по приемке в случаях существенных недостатков в качестве принимаемой аппаратуры.

В случаях обнаружения недостач по количеству принимаемого имущества комиссия составляет акт, в котором указываются подробно ее претензии с указанием точного наименования документа с перечнем недостающего, номеров позиций в перечне, экземпляров и названий по документам. В акте указываются номера транспортных документов, накладных, номер и дата коммерческого акта, сведения о состоянии тары, пломб, маркировки; время перевозки, поступления на склад, вскрытия тары, окончания работы комиссии. Акт подписывается всеми членами комиссии и представителем незаинтересованной сторонней организации с указанием места его работы, должности, номера удостоверения личности; утверждается начальником или его заместителем в организации получателя и с приложением транспортных документов в трехдневный срок направляется поставщику. Претензии к нему предъявляются не позднее 30 дней после составления акта. О существенных недостачах при приемке получатель сообщает поставщику для вызова представителя организации-поставщика, который должен присутствовать при работе комиссии и подписать акт. Форма акта о приемке по количеству может быть такой:

«Утверждаю»:
Начальник. ...
«...» 19... г.

Акт

приемки продукции технического назначения по количеству « » 19 г., почт. инд. ...., город..., обл. ...

Комиссия, назначенная приказом начальника ..., в составе председателя ... и членов: 1. ... 2. ... 3. ... 4. ... при участии представителя ... (предприятие, должность, фамилия, и. о., удостоверение №, доверенность №, с правилами приемки груза ознакомлен, подпись), составила настоящий Акт в том, что ... Получатель ... (его полный адрес, номер, дата коммерческого акта, место приемки, время начала, время окончания). Поставщик ... (предприятие, дата, номер, дата грузового документа, наряда, фактуры, накладной, дата и номер письма, телеграммы о вызове представителя поставщика, дата прибытия груза, время выдачи груза, доставки на склад, вскрытия тары). Комиссия установила: ... (состояние тары и упаковки, содержание маркировки тары, пломб, оттисков, фамилии контролеров, мест по документам, описям, формулярам, мест фактически, наличие и содержание упаковочных ярлыков; при вскрытии обнаружено ..., числится по документам ..., другие особенности).

Заключение комиссии по выявленным недостаткам: ...

Подписи: Председатель комиссии: ...
члены: 1. ... 2. ... 3. ... 4. ...
Представитель от поставщика: ...

Приемка по качеству производится с целью проверки пригодности ЭОИП к эксплуатации и заключается в проверке их работоспособности и исправности. Для этого комиссия по приемке, строго соблюдая правила и инструкцию по эксплуатации данных приборов, продолжает проверку: тщательный внешний осмотр, подготовку к использованию и опробование в работе приборов в течение рекомендованного в инструкции периода. Отдельные виды продукции, согласно специальным правилам, проверяются в присутствии представителя поставщика или же непосредственно на предприятии-изготовителе. Приемка по качеству включает прежде всего проверку внешнего состояния приборов: наружных защитных устройств, кожухов, креплений, органов управления, разъемов, покрытий. Затем проверяется состояние подвижных соединений, вращающихся частей, двигателей, редукторов, рычагов, исправность регуляторов, потенциометров, переключателей. После сборки блок-схем и включения приборов проверяется работоспособность отдельных узлов и комплекта в целом. Эта операция требует тщательного наблюдения за поведением указателей в контрольных или рабочих режимах, проверки результатов на индикаторах, регистраторах и контроля за температурным режимом блоков. Большинство ЭОИП поддаются проверке на работоспособность включением имитаторов в контрольном режиме: измеритель АЦИТ, зонд-батометр, волнографы ГМ-61, ГМ-62 и др. Проверяется также соответствие ГОСТам, техническим условиям и формулярам выявленных характеристик приборов, наличие и качество чертежей и схем. В случае выявления недостатков поставщика предварительно уведомляют о результатах работы комиссии, времени продолжения работы для составления двухстороннего акта. В совместной с представителем от поставщика работе комиссии уточняются и указываются в акте описания качественных недостатков с указанием характера дефектов и причин, их вызвавших, указываются предложения комиссии и выводы о дальнейшей работе заинтересованных в данном вопросе организаций или заключение о пригодности продукции к эксплуатации.

Акты, составленные приемочной комиссией, содержащие претензии к поставщику об обнаруженных недостачах и дефектах, называются *рекламационными*. Проверка по комплектации и качеству при иногородней поставке производится в срок не более 20 дней, а при поставке внутри города — 10 дней. Во время эксплуатации могут проявиться *скрытые дефекты*, которые не обнаруживаются при обычной проверке. В этих случаях рекламационный акт составляется в срок не более 5 дней, но не позднее 3 месяцев с момента прибытия продук-

ции на станцию и не позднее 4 месяцев со дня поступления на склад.

У приборов часто определен *гарантийный срок службы.* В случаях обнаружения дефектов акт должен быть составлен в пределах этого срока. Ни один из членов комиссии и участников приемки не вправе отказаться от подписи в акте, а в случае разногласий он обязан включить в текст свое особое мнение. Форма рекламационного акта о приемке продукции может быть изменена инструкциями вышестоящих органов Госкомгидрометa. Могут издаваться специальные инструкции по приемке отдельных образцов приборов в части порядка ее проведения, сроков оформления документов и порядка взаимоотношений с организациями поставщика.

16.2. Хранение приборов. Правила упаковки и транспортировки

В перерывах между периодами непрерывной эксплуатации переносных блоков и узлов ЭОИП (датчиков, электродов, источников питания, ЗИП) они могут временно содержаться в рекомендованных для этого условиях, согласно инструкции по эксплуатации конкретного прибора или узла, например — в перерывах между станциями в рейсе судна, между очередными рейсами или в периоды неблагоприятной для измерений погоды. При этом весь комплект прибора приводится в рабочее состояние обычными приемами; его технические и метрологические характеристики за эти периоды хранения изменениям не подвергаются. Более продолжительные перерывы в эксплуатации приборов, например сезонные, при частичном ремонте, могут сопровождаться изменениями некоторых параметров, состояния отдельных узлов, коррозией. Так, в неблагоприятных условиях содержания — при повышенной влажности, температуре, вибрации в судовых условиях — резко уменьшают свой срок службы батареи аккумуляторов для питания эхолотов ПЭЛ, батареи сухих элементов для контейнеров ГМ-32, ГМ-33, частично разлагается смазочный материал в подвижных соединениях ответственных узлов приборов, падает сопротивляемость к коррозии металлических деталей, уменьшается сопротивление изоляции в схемах. Поэтому в такие периоды хранения приборы требуют более внимательного ухода, создания и поддержания в помещении условий, приближенных к нормальным, указанным в инструкциях по эксплуатации. Как правило, хранение комплектов обеспечивается штатной тарой, а в судовых условиях предусматривается штатное крепление и амортизация. Лица, ответственные за эксплуатацию приборов, должны обес-

печить надлежащий систематический уход за ними: внешний осмотр, протирку от влаги, пыли, просушку, смену покрытий, проворачивание отдельных узлов.

В практике эксплуатации ЭОИП приходится также хранить их в течение года и более в качестве резервных, в межэкспедиционные периоды, при капитальном ремонте, на складах готовой продукции. Условия хранения могут быть также различными: судовыми, тропическими, арктическими. Как правило, на эти периоды приборы должны быть подвергнуты *консервации*, т. е. приспособлены для длительного хранения в нерабочем состоянии. При этом подвижные соединения, редукторы, поверхности высокого класса обработки, цапфы покрываются специальными антикоррозийными составами, рекомендованными в инструкциях по эксплуатации. На прецизионных и других ответственных подвижных узлах устанавливаются специально предусмотренные для этого оболочки, кожухи или транспортные крепления. В коробках и отсеках для хранения, в штатной таре с узлами, которые не выдерживают длительного воздействия влаги, укладываются матерчатые мешочки с силикагелем. Содержимое в таре прокладывается амортизационными материалами, укрепляется штатными приспособлениями; закупориваются герметически расходные материалы в ЗИП — смазочные, протирочные, красящие. Тара с законсервированными приборами замыкается на штатные замки и помещается в специальные для длительного хранения помещения так, чтобы соблюдался ряд условий. Прежде всего это — правильное размещение в судовых штормовых условиях, прочное крепление тары, обеспечение противопожарных правил хранения и возможность срочного перемещения для спасения ценного имущества на случай стихийных бедствий. Для расстановки тары с аппаратурой необходимы стеллажи: укладка штабелем в судовых условиях крайне нежелательна. В упакованной таре с блоками и узлами должны быть уложены описи содержимого; если технические документы приборов хранятся отдельно, то совершенно необходимо их четкое распределение по принадлежности — в папках или ячейках. На период длительного хранения ЭОИП должно быть назначено лицо, ответственное за их содержание. Состояние дела периодически проверяется руководящим персоналом, или комиссией по инвентаризациям, или при инспекциях в подразделении.

В законсервированном виде аппаратура может транспортироваться: для производства капитального ремонта, при передаче в другие организации или со складов. Для перевозки по железной дороге и речным транспортом штатная тара или специально изготовленные сплошные деревянные ящики оббиваются металлической лентой по периметрам с помощью

гвоздей или шурупов. На таре должна быть нанесена маркировка «верх», «стекло», «точные приборы», «не кантовать» (не переворачивать) — в зависимости от характера содержимого. Перед отправлением имущество снабжается сопроводительными транспортными документами с перечнем, копиями упаковочных ярлыков. Адресату дается предварительное уведомление об отправке груза.

Вопросы и задания

1. Для каких целей и как организуется комиссия по приемке ЭОИП?
2. Каких два вида работы выполняет комиссия при приемке приборов?
3. Что конкретно должна установить комиссия о комплектности приборов?
4. Что должно указываться в коммерческом акте?
5. Каким образом устанавливается при приемке приборов их пригодность к эксплуатации?
6. Как должны храниться приборы в судовых условиях в течение трехмесячного периода?
7. В чем заключается консервация приборов для длительного хранения?

Глава 17

ОБЩИЕ ВОПРОСЫ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ И МОНТАЖА ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ОКЕАНОГРАФИЧЕСКИХ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ ПРИБОРОВ

17.1. Цель и содержание технического обслуживания. Понятие о критериях надежности. Обеспечение среднего времени безотказной работы приборов

Нормальная эксплуатация приборов, в том числе ЭОИП, содержит три основных группы мероприятий: использование по прямому назначению, техническое обслуживание и ремонт. В процессе использования приборов для поддержания их исправности, работоспособности и продления рабочего ресурса при подготовке, работе, хранении и транспортировке необходимо специальное *техническое обслуживание*.

Техническое обслуживание состоит из следующих видов работ:

а) *контроль технического состояния* приборов для оценки их работоспособности сравнением фактически полученных технических характеристик с заданными в формуляре;

б) *профилактическое обслуживание* для поддержания приборов в исправном состоянии с целью предупредить отказы в работе и продлить ресурс. Сюда входят внешние осмотры, проверки, чистка, регулировки, смазка;

в) *пополнение комплекта запасных частей*, инструмента, принадлежностей и расходных материалов (ЗИП);

г) *текущий ремонт* — для обеспечения работоспособности приборов. Он заключается в замене отдельных деталей или узлов, регулировках, настройке схем по картам напряжений и сопротивлений, а также по эталонным осциллограммам. Текущий ремонт выполняется по плану (профилактический ремонт) либо с возникновением отказа прибора; выполняется силами обслуживающего персонала. При *капитальном ремонте* работоспособность приборов восстанавливается заменой значительного числа их узлов, полной отладкой взаимодействия всех блоков, подгонкой технических и метрологических характеристик к требуемым по формуляру. Капитальный ремонт выполняется в мастерских. Важное место в качественном выполнении технического обслуживания приборов занимает систематическое оформление их технических документов в надлежащем объеме и в предписанные сроки. Большое значение играет повышение квалификации обслуживающего персонала и правильная организация всех работ по техническому обслуживанию.

Таким образом, техническое обслуживание приборов необходимо для обеспечения их безотказности и долговечности.

Способность приборов выполнять измерительные функции, сохраняя в течение всего срока службы нормальные технические и метрологические характеристики, при условии выполнения надлежащего технического обслуживания, называют *надежностью*. Это понятие объединяет несколько качеств и свойств приборов: способность работать без отказов, долговечность, пригодность к ремонтам и к сохранению.

В практике эксплуатации приборов имеют место нарушения работоспособности — *отказы*. Бывает несколько разновидностей отказов. При *внезапном отказе* какой-либо параметр или способность прибора изменяется скачком, в отличие от *постепенного отказа*. *Частичный отказ* не приводит к полной неспособности прибора выполнять все функции измерения. Например, при отказе регистратора прибора можно снимать показания по индикатору. При частичном отказе может снизиться точность измерения, но остаться еще удовлетворительной для данной задачи. При *полном отказе* прибор не дает показаний или точность их неудовлетворительна. Другая разновидность — *независимые отказы*: они не ведут к отказам в других узлах или блоках и сами не являются их причиной. *Зависимые отказы*

следуют за отказами в смежных узлах и могут привести к полной потере работоспособности прибора. Отказ на короткое время, например на один такт, серию показаний или на один цикл измерений, за которым следует нормальная работа прибора, называется *сбоем*. Как правило, участившиеся сбои в работе прибора указывают на предстоящий отказ, на снижение надежности.

Безотказность является одной из качественных характеристик надежности приборов, которую можно выразить и количественным показателем, а именно *интенсивностью отказов* λ:

$$\lambda = \frac{2}{N_1 + N_2} \frac{n}{t} \ [1/\text{ч}], \tag{34}$$

где n — число отказов за время t ч; N_1, N_2 — число исправных элементов в начале и в конце периода испытаний.

Чем больше число элементов, подвергшихся испытанию, тем точнее получается показатель λ. Для оценки интенсивности отказов нескольких элементов (узлов или блоков) пользуются средним значением этого показателя

$$\overline{\lambda} = \sum_{i=1}^{m} \lambda_i K_i, \tag{35}$$

где λ_i — интенсивность отказов элемента (узла, блока) i-той группы; K_i — количество элементов (узлов, блоков) в i-той группе; m — количество групп.

Таким образом, надежность приборов зависит не только от надежности отдельных элементов или узлов, но также и от их *количества*. Этот важный вывод можно сформулировать проще так: чем большее количество элементов, деталей, узлов и блоков в составе прибора, тем меньше его надежность в целом.

Надежность элементов, деталей, узлов и блоков зависит от выбора и качества материалов для их изготовления, правильности расчетов, качества выделки, настройки и условий дальнейшей работы. При производстве деталей и приборов технологический производственный контроль не всегда выявляет все дефекты: могут иметь место так называемые *скрытые дефекты*, проявляющиеся лишь в процессе эксплуатации, иногда — длительной. Именно такие скрытые дефекты вызывают внезапные отказы. Наряду с ними развиваются и постепенные отказы — из-за нормального или усиленного износа и старения элементов и их материалов, который невозможно предотвратить, а удается лишь замедлить при правильном техническом обслуживании. В результате многочисленных испытаний и длительного многократного наблюдения за состоянием элементов, узлов и приборов выяснено, что характер изменения интенсивности отказов

в течение «жизни прибора» проявляется в виде кривой рис. 88. На графике участок *1* соответствует периоду тренировки на испытательных стендах завода-изготовителя или приработки в начальный период эксплуатации. В этот период большинство элементов, качество которых низкое или их параметры критические для данных условий, отказывают, выходят из строя. Участок 2 соответствует нормальному сроку эксплуатации; в этот период работоспособность прибора зависит во многом от правильной эксплуатации — интенсивности нагрузки, свое-

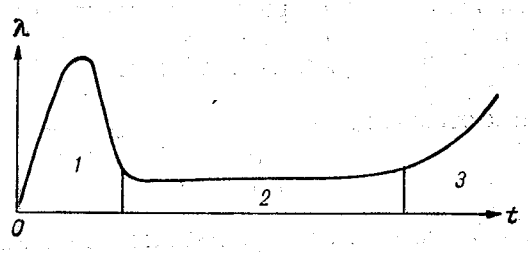


Рис. 88. Кривая интенсивности отказов электроустановок.

временности и качества ремонтов, условий окружающей среды, грамотного использования. Интенсивность отказов в этом периоде почти постоянна: имеют место различные варианты отказов, в том числе и из-за скрытых дефектов. Участок *3* соответствует периоду значительного износа и старения элементов из-за структурных, химических, механических и других изменений в материалах. В этом периоде количество отказов увеличивается так, что в конце «жизни» прибора становятся уже нецелесообразными замены элементов на новые: выходит из строя все большее число старых. Главными причинами отказов в этом периоде являются сильный износ большинства деталей, увеличение микротрещин, коррозия и разрушение мест сварки и спайки, кристаллизация в аморфных материалах, химические реакции, распад органических изоляционных покрытий и оболочек, увлажнение пластмассовых деталей, высыхание резиновых прокладок, утечка в конденсаторах.

Другим критерием надежности является *среднее время наработки на отказ T:*

$$T = \frac{\sum_{i=1}^{n} t_i}{n} \text{ [ч]}, \qquad (36)$$

где t_i — время исправной работы прибора между 1-м и i-тым отказами; n — число отказов.

Если количество испытываемых образцов M, то среднее время наработки до отказа будет

$$T = \frac{\sum_{i=1}^{n} T_i}{M}, \qquad (37)$$

где T_i — среднее время исправной работы i-того образца, вычисленное по формуле (36); M — число испытываемых образцов.

Следующим важным критерием надежности является *вероятность безотказной работы* в заданном интервале времени P. Она вычисляется из следующего соображения. Если из 100 приборов в течение времени t безотказно работали 80 приборов, а 20 остальных отказали, то

$$P = \frac{80}{100} = 0{,}8.$$

Значение 0,8 называется вероятностью безотказной работы за время t.

Для участка 2 «кривой жизни» приборов (рис. 88) имеет место также соотношение

$$P = e^{-\lambda t} = e^{-t/T}.$$

Ни одним из перечисленных критериев в отдельности не удается оценить надежность полностью. Она оценивается лишь совокупностью этих и ряда других критериев.*

Смысл технического обслуживания заключается в обеспечении среднего времени безотказной работы прибора. Сроки между профилактическими ремонтами должны также выбираться с учетом времени T с целью предотвратить увеличение вероятности появления отказов. Именно качественное и своевременное выполнение мероприятий по техническому обслуживанию позволяет заранее исключить значительное число отказов приборов.

В формулярах приборов указывается *гарантийный срок службы*. В течение этого срока выявляются дефекты, не обнаруженные при изготовлении и испытании прибора. Завод-изготовитель несет ответственность за отказ прибора в течение гарантийного срока службы при условии правильной эксплуатации, хранения и транспортировки.

Для поддержания приборов в исправном состоянии необходимо использовать их в нормальных условиях эксплуата-

---

* Например, ГОСТ 13216-74. Приборы и средства автоматизации ГСП надежность.— *Прим. ред.*

ции — допустимых пределах температуры окружающей среды и влажности. Резкая потеря качества измерительной аппаратуры может происходить при превышении допустимой интенсивности ее эксплуатации, например, при непрерывной работе сверх рекомендованного в формуляре срока. Важно также поддержание исправности и полной комплектности ЗИПа приборов.

В практике эксплуатации приборов широко используется метод прогнозирования. Он заключается в том, что прибор подвергается регулярной проверке на отклонение его важнейших параметров, например погрешностей измерений, сопротивления изоляции, форм и размеров осциллограмм, значений напряжений в контрольных точках и др. При этом выявляются развивающиеся *постепенные отказы*, которые возможно предотвратить своевременной заменой элементов из ЗИПа, регулировками, чистками коммутирующих узлов, крепежными работами. Особенно эффективным оказывается этот метод для прогнозирования отказов механических узлов с подвижными соединениями (редукторов, передаточных механизмов, поводковых устройств), электромеханических реле, электровакуумных ламп и полупроводниковых приборов. В среднем таким методом удается предотвратить 70—90 % отказов этих элементов.

17.2. Методы выполнения профилактического ремонта и определения неисправностей. Техническое обслуживание приборов

Техническое обслуживание в форме профилактического ремонта производится до наступления отказа прибора. В инструкциях по эксплуатации приборов обычно указываются сроки профилактических операций, объем и порядок их выполнения. При первоначальном выборе этих сроков учитываются показатели надежности: интенсивность отказов, среднее время наработки на отказ, вероятность безотказной работы. Они часто приводятся в формулярах. В процессе эксплуатации приборов накапливается опыт, который должен отражаться в технических документах, а завод-изготовитель должен анализировать результаты эксплуатации и уточнять инструкции для пользователей приборами. Поэтому техническое обслуживание их нельзя свести к формальному выполнению пунктов перечня в инструкции: оно должно быть осмысленным и совершенствоваться совместными действиями пользователей, разработчиков и завода-изготовителя, о чем обычно напоминается в формулярах.

В современных сложных приборах и комплексах, в том числе ЭОИП, при выполнении ремонта широко используется *метод замены*. При этом часто заменяются не только отказавшие пассивные элементы (конденсаторы, резисторы, катушки индуктивности) и активные (электронные лампы, транзисторы), но и целые каскады, узлы и даже блоки в виде съемных плат с печатным монтажом. Это выгодно применительно к сложным приборам: сокращается время на отыскание места неисправности, ненужным становится подбор нового элемента и установка его в схему. Сама операция замены часто сводится к простому переключению на разъемах. Новые поколения ЭОИП отличаются от прежних значительным усложнением схем (АЦИТ, зонд-батометр); с увеличением же сложности, как показывает формула (35), увеличивается интенсивность отказов, а значит, учащается поиск неисправностей, увеличивается суммарное время ремонтов, усложняется методика восстановления работоспособности приборов. Поэтому в современных сложных приборах часто применяется метод контрольного режима с имитаторами (АЦИТ, зонд-батометр), и метод замены в этих случаях оказывается особенно эффективным. Например, в комплексе зонд-батометр включением режима самоконтроля с помощью встроенных имитаторов можно за считанные минуты проверить сразу несколько важнейших блоков в бортовой части.

Во время ремонта выполняются следующие основные группы операций:

осмотр и наблюдение за работой элементов, узлов и блоков для выявления внешних признаков возможных неисправностей по показаниям индикаторов, состоянию монтажа и по реакциям схемы и механизмов прибора на различные воздействия входными сигналами, регуляторами и переключениями. При этом удаляют пыль сухой кистью или пылесосом, налет коррозии, влагу; чистят разъемные соединения и контакты реле от нагара спиртом, удаляют старую порцию смазочного материала и наносят новую в механизмах;

подключение специальных или универсальных *контрольно-измерительных приборов* (ампервольтомметров, тестеров, осциллографов) для проверки режимов работы ремонтируемого аппарата и производства контрольных измерений; сверка контрольных параметров с данными в формуляре, инструкции, ремонтной карте. Осмотр всегда должен быть весьма тщательным: во многих случаях внимательный анализ полученных результатов резко сокращает сроки ремонтных работ, так как далее следует вывод о необходимости специальных дополнительных мер по восстановлению качеств прибора, например о проведе-

нии трудоемкой полной регулировки и отладки взамен частичной;

разборка узлов и механизмов с заменой отдельных изношенных деталей. При этом возможны подкрашивание, дополнительная герметизация, уплотнение соединений, смена рабочих расходных материалов (прокладок, заполнителей, лент, чернил). При этом также проверяется состояние и обновление маркировки цепей, элементов и разъемов;

замена изношенных элементов, узлов, плат новыми с тщательной подгонкой соединений, пропаиванием и покрытием защитным лаком мест спайки;

сборка, крепление, установка узлов прибора с приведением в рабочее состояние; установка органов регулировки на контрольные риски, фиксаторы и контргайки;

регулировки взаимного положения деталей, механизмов, проворачивание подвижных соединений, проверка согласованности и взаимодействия узлов и блоков по контрольным индикаторам, по сигналам на носителях информации при пробных включениях и измерениях.

В результате профилактического ремонта прибор должен сохранить свои качества — заданные технические и метрологические характеристики. Поэтому последней группой операций должна быть *проверка работоспособности и пробное измерение.* Если же ремонт из-за обнаруженных неисправностей вышел по объему за рамки обычного профилактического, то прибор подлежит и *поверке.*

Часто встречающиеся элементарные характерные неисправности обычно приводятся в инструкциях по эксплуатации приборов. Приводятся их признаки, проявления, причины и некоторые способы ликвидации. Однако ими далеко не исчерпывается перечень возможных отказов. Для успешного устранения очень многих отказов в большинстве случаев необходим не только соответствующий уровень квалификации обслуживающего персонала, но и опыт технического обслуживания приборов. Поиск мест и выяснение причин некоторых неисправностей при ремонте сложной электронной схемы часто связан с затратами значительного времени и напряженного труда даже у опытных специалистов. Поэтому для операторов—океанологов весьма важна правильная организация технического обслуживания и систематическое повышение своей квалификации с целью изучить принципы действия и схемы обслуживаемых ЭОИП.

В сложных измерительных комплексах встроенные узлы и схемы поблочного контроля с индикаторами аварийных вариантов режимов, контрольными гнездами для проверки, органами переключений режимов резко упрощают профилактическую и

ремонтную работу, но они также не исчерпывают возможные варианты неисправностей. Поэтому целесообразно использовать оптимальную методику поиска места и выявления причин отказов. Самым выгодным методом является последовательное воздействие на прибор и его блоки в измерительной цепи преобразований входной величиной и прослеживание за их реакциями на это воздействие. По характеру этих реакций можно судить о работоспособности и степени надежности блоков и прибора в целом. Этот метод требует от исполнителя четкого знания принципов действия, устройства и взаимодействия узлов и блоков, а также наличия специальных технических средств. Например, для проверки работоспособности волнографов используют магазин сопротивлений. В измерительных цепях с частотными преобразованиями можно применить генераторы сигналов.

При ремонте сложного прибора очень важно выбрать правильную последовательность операций. В практике используется способ «средней точки»: сначала выявляется характер параметров в средней точке цепи преобразований, например между средними блоками, и по результату анализа оставшаяся половина цепи делится снова пополам и т. д. Такой способ позволяет резко сократить время на проверку работоспособности всего прибора. Лишь после выявления неисправного блока следует переходить к поиску неисправного узла, каскада, а от них — к элементам. Практикой выработаны также следующие методы поиска неисправностей:

внешний осмотр, частично описанный выше. По внешнему виду межблочных соединений, показаний индикаторов, состоянию контактов реле, наличию подгораний, искрения, течи, разогрева элементов и деталей, изменению свойств покрытий, цвета, формы некоторых элементов обнаруживаются многие неисправности, особенно в приборах старших поколений — с навесным и объемным монтажом, электронными лампами. Например, о сильном износе разъемных соединений и контактов можно судить по подгоранию и черному налету на деталях; резкие повторяющиеся скачки показаний индикаторов, осциллографов и шумы в звуковых цепях могут указывать на непрочное соединение или искрение; на перегрузку резисторов, катушек, трансформаторов указывает изменение цвета их покрытий и оболочек из-за повышенного нагрева; появление цветного свечения* или белого налета в колбах электровакуумных ламп говорит об их негодности. Внешний осмотр в среднем

* Эти признаки, конечно, не характеризуют негодность ламп специального назначения (стабилитронов, неоновых ламп и т. д.) с цветным свечением.— *Прим. ред.*

позволяет обнаружить 70 % и более неисправностей приборов старших поколений;

способ замены заключается в изъятии подозреваемых в отказе элементов, узлов и блоков, замене их заведомо исправными и наблюдении за реакцией прибора на эту операцию. По удовлетворительной работе прибора после этого судят о правильности действий;

способ сравнения состоит в сопоставлении результатов наблюдения за режимом работы подозреваемого в отказе элемента или блока с режимом, заведомо исправного на другом одинаковом приборе. Этот способ требует наличия минимум двух приборов, один из которых должен быть исправным;

способ промежуточных измерений параметров схемы, режимов в ветвях и цепях с помощью переносных контрольно-измерительных приборов. Например, просмотром осциллограмм и сверкой их с контрольными (приводятся часто в инструкциях по эксплуатации и на принципиальных схемах) выясняется отклонение от нормы. Другой пример: измерением с помощью электронного мегомметра значений сопротивлений в цепях и сверкой результатов с контрольными картами сопротивлений также выявляются многие неисправности в узлах и блоках. То же можно сказать об измерении электронным вольтметром со сверкой по картам напряжений. Способ промежуточных измерений требует от исполнителя умения использовать контрольные измерительные приборы — тестеры, АВО-метры, генераторы сигналов, частотомеры, осциллографы. Во многих случаях, однако, необходим достаточно высокий уровень теоретической и практической подготовки по основам электротехники, электроники, автоматики, а при обращении с цифровыми комплексами — и основ вычислительной техники.

Для технического обслуживания ЭОИП нужен минимум условий для безопасного и качественного его выполнения. Необходимо надлежащим образом оборудованное рабочее место, отвечающее и требованиям техники безопасности при работе с электроустановками. Им может быть монтажный стол с удобным подвижным светильником, ящиками для инструмента, деталей, материалов и ЗИПа к приборам; кассами для мелких электродеталей, емкостями для едких, ядовитых, смазочных и моющих материалов и жидкостей с надписями о содержимом. Рабочий стол должен быть оборудован также достаточным количеством розеток сетевого и вспомогательного напряжения (от специальных источников тока) для одновременного подключения к ним рабочих и контрольных приборов, паяльника, а также надежным заземляющим устройством. В судовых условиях, кроме того, требуются приспособления для крепления приборов на полках или стеллажах по-походному,

а в ящиках и отсеках — ячейки для емкостей с жидкостями и инструмента.

В ремонтных операциях с ЭОИП чаще используется штатный монтерский инструмент из ЗИПа. Обычно это отвертки разных размеров (от 2 до 8 мм), пинцет, плоскогубцы, накидные и торцевые гаечные ключи, монтерский нож, круглогубцы и бокорезы для обработки проводников, паяльник с набором материалов — припоем и флюсом. Реже используется также покупной инструмент — тиски, электрическая или ручная дрель с набором сверл М2—М8, ножницы по металлу, молоток, разводной ключ, измерители длины и диаметра (линейка, штангель).

При выборе контрольных переносных измерительных приборов для ремонта ЭОИП следует обязательно принимать в расчет *входное сопротивление* контрольного прибора, чтобы при подключении его к точкам исследуемой схемы он не искажал нормальный режим ее работы. Например, электронный вольтметр имеет большое входное сопротивление, поэтому в его ветвь заметного тока из исследуемой цепи не протекает, и она продолжает работать без искажения режима. Электронный измеритель тока (миллиамперметр или микроамперметр), включаемый последовательно в исследуемую ветвь, имеет очень малое входное сопротивление: рабочему току цепи не препятствует, поэтому также не вносит искажения в режим. Те же измерители с резисторными схемами без электронных усилителей имеют гораздо меньшее входное сопротивление и могут искажать истинные значения параметров исследуемой схемы. Важно уметь правильно оценивать показания разных приборов при измерении. Например, шкалы вольтметров *электромагнитной* системы градуируются в действующих значениях напряжения. Их показания правильны лишь при условии, что форма измеряемого напряжения *синусоидальная*. То же относится к амперметрам с этим же принципом действия. Приборы *магнитоэлектрической* системы реагируют на *постоянную составляющую* величины. С другой стороны, эти же приборы с *выпрямителем* реагируют на *среднее по модулю значение* измеряемой величины в форме различных импульсов разных комбинаций. Кроме того, в цепях приборов могут протекать одновременно токи различной формы — синусоидальной, импульсной и постоянные составляющие. В этих случаях тем более недопустимо принимать показания прибора без учета его принципа действия за истинные. Например, для измерения постоянной составляющей в таких цепях требуется подключать к измерительному прибору конденсатор в качестве шунта для переменной составляющей. При этом шунт для нее должен быть сопротивлением, хотя бы в 20 раз меньшим, чем входное

сопротивление измерительного прибора. Практически емкость такого блокировочного конденсатора должна быть 0,005—0,5 мкФ в цепях высокой частоты и 0,1—2 мкФ — в цепях низкой частоты. Наиболее употребительны в работе с ЭОИП комбинированные измерительные АВО-метры типа «Ц», электронные вольтметры, миллиамперметры и мегомметры, генераторы синусоидальных и импульсных сигналов и частотомеры разных марок. Универсальным измерительным прибором можно считать осциллограф, например, марки С1-72: с его помощью не только измеряются значения напряжений и наблюдаются их формы, но и измеряются частота, фаза; косвенным методом можно измерить сопротивление в цепи, а с простейшими добавочными приспособлениями — также наблюдать вольт-амперные характеристики, измерять величины в магнитных цепях. Для этих же целей годны и измерительные осциллографы других марок.

17.3. Выбор места для установки океанографических приборов на судах и на берегу. Прокладка и проверка линий связи

Установка ЭОИП на судне связана со следующими особенностями:

ограниченностью вариантов расположения различных блоков из-за специфичности судовой архитектуры: надстроек, палуб, корпуса; наличием традиционных мест, занятых судовым оборудованием,— машинного отделения под палубами, шпилевого устройства на баке, румпельного в кормовой части, мачтового — в диаметральной плоскости, а также штурманской и ходовой рубок;

стесненностью в вариантах монтажа линий связи из-за наличия водонепроницаемых переборок, необходимостью в дополнительных обводах, сложностью прокладки линий по металлическим поверхностям палуб, переборок и подволоков;

необходимостью в защитных мерах и средствах от попадания в приборы морской воды и от повышенной влажности. В морских условиях совершенно необходимо применение электрической аппаратуры в специальном водозащищенном исполнении с покрытиями электроэлементов и плат эпоксидными составами, с дополнительными кожухами для блоков, чехлами для электромеханических устройств, крышками и заглушками для отверстий и разъемов;

необходимость надежного крепления блоков и фиксации в рабочем и походном положениях в штормовых условиях из-за качки.

В некоторых случаях приходится иметь дело с сильными помехами от судовой радиолокационной аппаратуры, радиопередатчиков и силовых агрегатов.

Лучшее место для установки и монтажа большинства блоков ЭОИП — судовая лаборатория морской гидрометрии на верхней палубе судна рядом со штурманской и ходовой рубками. Это выгодно для лучшей организации производства измерений океанографических элементов, которое часто связано с решением навигационных задач и с вопросами маневрирования судна. Перед монтажом ЭОИП необходимо пробное их использование в условиях возможных помех. При выборе ориентации блоков относительно диаметральной плоскости судна следует учитывать инерционность подвижных и поворотных узлов во время бортовой качки, например кареток печатающих регистраторов и электронных потенциометров. Необходимо также предусмотреть возможность доступа к блокам при ремонтах, надежного закрепления на палубе или переборках, а также безопасность при работе обслуживающего персонала, особенно на маломерных судах. Большое значение для удобства эксплуатации и технического обслуживания ЭОИП в судовых условиях имеют оптимальное расположение, надежное крепление и способы хранения переносных контрольно-измерительных приборов, ЗИПа и расходных материалов. Следует строго придерживаться правила: надежно крепить переносное имущество — дорогостоящие точные электронные приборы; укладывать в мелкую тару дефицитные малогабаритные и миниатюрные детали; закупоривать емкости с легко воспламеняющимися (спирт), едкими (электролит для аккумуляторов), смазочными и моющими жидкостями. В тяжелых штормовых условиях с сильной качкой все незакрепленное имущество и материалы могут быть быстро приведены в негодность, а поставленная в экспедиции задача — оказаться невыполнимой, так как на судне возможности для ремонта и наладок также резко ограничены.

Варианты расположения океанографического оборудования, трасс проводки линий связи на судне должны быть согласованы с капитаном; какие-либо переделки в конструкции судовых палуб и надстроек, сверления, сварку без специального разрешения капитана судна производить запрещается. При проводке по надстройкам и палубам временно свободно лежащих линий связи необходимо учитывать возможное опасное расположение относительно их частей бегущего такелажа.

В береговых условиях ограничений для вариантов расположения аппаратуры, как правило, меньше. В лаборатории блоки ЭОИП следует по возможности располагать вдали от источников тепловой радиации и электромагнитных полей, защищать

от прямых солнечный лучей, а также от попадания воды, снега и пыли. Необходимо устройство надежного заземляющего контура в лаборатории. Для блоков, расположенных вне здания (антенна, привод антенны, фидер), а также для вводов линий связи другого типа, нужно предусмотреть грозозащиту.

Линии связи допускается прокладывать кабелями в траншеях с предупреждающими указателями, по воздуху — на опорах и столбах. Проект трассы для линии связи должен быть предварительно согласован в местном предприятии электросетей и в местном органе Министерства связи. При выборе трасс линий связи и энергопитания следует учитывать опасность наводок и помех от близко и параллельно расположенных высоковольтных воздушных линий, железнодорожной контактной сети или радиостанций.

Вопросы и задания

1. Пояснить причины появления всех видов отказов в блоках приборов.
2. Пояснить смысл критериев надежности приборов, привести их математические выражения и указать на практическое использование показателей надежности.
3. Можно ли одновременно применять способ замены и способ промежуточных измерений при поиске места неисправности в приборе?
4. Каким порядком и с какой целью производится внешний осмотр приборов?
5. Зачем входное сопротивление электронных вольтметров достигает значения 15—20 МОм?
6. Как следует организовать хранение приборов и материалов на рабочем месте для ремонта ЭОИП?
7. Что следует предусмотреть при установке на судне линии связи с сигналом в форме очень малого переменного тока?

Глава 18
ПРОМЕРНЫЕ ЭХОЛОТЫ

18.1. Назначение и принцип действия промерных эхолотов

Промерные эхолоты (ПЭЛ) предназначаются для измерения и записи глубин с маломерных судов и катеров. Из них эхолот ПЭЛ-2 — ранний образец, предназначавшийся для промерных работ в речных водоемах. Эхолот ПЭЛ-3 — позднего образца — предназначен как для промерных работ, так и для навигационных целей. Оба образца промерных эхолотов имеют одинаковый принцип действия, отличаясь лишь техническими характеристи-

ками, электрическими схемами и конструкцией узлов. Для сравнения приводятся основные технические характеристики обоих образцов:

Технические характеристики	ПЭЛ-2	ПЭЛ-3
Диапазон измерения глубин, м	0—20 0—40	0—40 0—200
Максимальная скорость хода судна, уз	8	15
Допустимая бортовая качка, град.	10	10
Пределы инструментальных погрешностей измерений в диапазонах:		
0,4—5 м	0,1 м	0,1 м
5—10 м	0,1 м	0,15 м
10—40 м	0,6 м	0,25 м
40—60 м	—	0,8 м
60—200 м	—	1,4 м
Скорость протяжки ленты (мм/мин) на диапазонах:		
0—20—40 м	42,5	40
0—200 м	—	8
Рабочая ширина бумажной ленты, мм	200	200
Продолжительность работы на одном рулоне ленты (ч) на диапазонах:		
0—20—40 м	9,7	10
0—200 м	—	50
Масштаб записи глубин на ленте (мм/м) на диапазонах:		
0—20—40 м	10	5
0—200 м	—	1
Продолжительность непрерывной работы, ч	8	18
Напряжение питания, В	24	24
Потребляемая мощность, Вт	100	80
Общая масса комплекта, кг	102	100

Эхолот ПЭЛ-3 выгодно отличается от прежнего образца также и меньшими габаритами. Продолжительность монтажа эхолотов на судне не превышает 2 ч (в переносном варианте).

В эхолотах применяется принцип *эхолокации*: измеряется расстояние, равное двойной глубине $2h$ за время t, необходимое для прохождения ультразвуковой волны с постоянной скоростью $V = 1500$ м/с от передатчика—излучателя до дна и отраженного от него «эха» обратно к приемнику (рис. 89). При этом прибор автоматически решает уравнение глубины

$$h = \frac{Vt}{2}. \qquad (38)$$

Решение выполняется устройством электромеханической временной развертки эхолота, которое имитирует этот процесс в миниатюре, изображая его на ленте в определенном масштабе.

Возобновляющийся с определенной частотой такой процесс регистрируется на электротермической бумажной ленте в виде непрерывного профиля («эхограммы») глубин в вертикальной плоскости по курсу судна, несущего эхолот при промере.

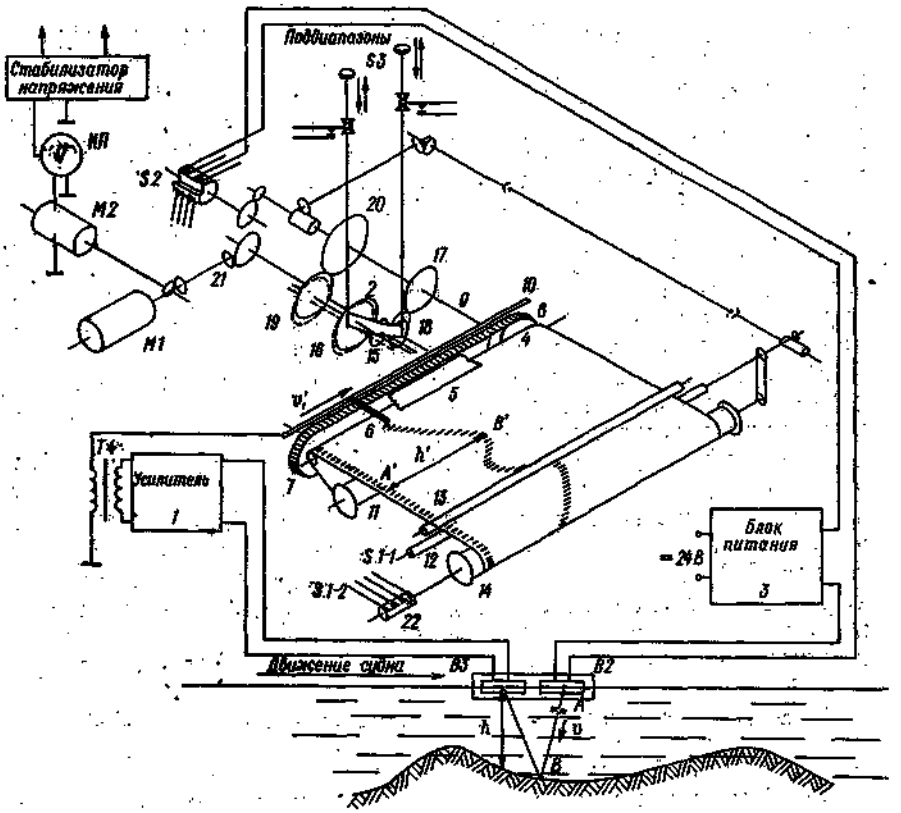


Рис. 89. Принцип действия эхолота ПЭЛ-3.

Взаимодействие узлов при работе ПЭЛ-3 состоит в следующем. Электродвигатель *M1* через редуктор *2* вращает с *постоянной* скоростью вал *9* ведущего шкива *4*, а он посредством зубчатого ремня *8* вращает ведомый шкив *7*. На ремне закреплено перо *6*, скользящее одним концом по траверсе *10*. На валу вращается и посылочный кулачок *S2*, периодически замыкающий контактную пару в электрической цепи вибратора-излучателя *B2*. В этой цепи образуется переменный ток ультразвуковой частоты и используется магнитострикционный эффект. Момент замыкания *S2* соответствует начальной точке *A* на

пути следования *зондирующего* ультразвукового импульса от вибратора-излучателя *B2* ко дну, а значит, нулевой точке *A'* шкалы глубин. Отраженный от дна ультразвуковой импульс воспринимается магнитострикционным вибратором-приемником *B3* и в его обмотке наводится переменная ЭДС. Полученное таким образом переменное напряжение эхо-сигнала через усилитель *1* и трансформатор *T4* подается на траверсу *10*. За промежуток времени t между излучением зондирующего импульса к точке *B* на дне и приемом эхо-сигнала перо механизма временно́й развертки перемещается с постоянной скоростью V_1' (или V_2' для второго диапазона измерения), как бы изображая движение ультразвуковой «посылки» импульса в воде. Оно успевает переместиться от начала шкалы *A'* до отметки глубины *B'*: благодаря контакту пера с электротермической бумагой эхо-сигнал оставляет прожиг в виде черного штриха. Таким образом и решается уравнение (38), а расстояние $A'B' = h'$ на ленте соответствует глубине места h в масштабе 5 или 10 мм/м. При непрерывном измерении глубин на ленте, протягиваемой мимо траверсы, образуется почти сплошная линия штрихов, изображающая профиль глубин.

В процессе измерения важно сохранить постоянство скорости движения пера, а значит — число оборотов электродвигателя *M1*, соответствующее скорости распространения звука в воде. Контроль за этим осуществляется с помощью тахогенератора *M2*, который механически соединен с редуктором и вырабатывает показываемое индикатором *ИП* напряжение, пропорциональное скорости вращения вала. По показаниям индикатора можно регулировать обороты вала двигателя *M1*.

18.2. Электрическая принципиальная схема эхолота ПЭЛ-3

В схеме (рис. 90 см. вкладку) можно выделить для удобства рассмотрения следующие устройства: блок питания, усилитель, устройство электромеханической временно́й развертки, органы управления и контроля, а также вибраторы *U2*, *B3*.

Блок питания является преобразователем постоянного напряжения 24 В в постоянное напряжение 270 В для анодных цепей усилителя, в постоянное напряжение 650 В для цепи вибратора-излучателя и в переменное напряжение 6,3 В для питания ламп накаливания *H1* и *H2*. В преобразователе транзисторы *VT1* и *VT2* вместе с обмоткой трансформатора *T1*, резисторами-регуляторами *R1* и *R2* режима работы составляют генератор релаксационных колебаний. Триоды *VT3*, *VT4* с обмотками трансформаторов *T1*, *T2* и регуляторами *R3* и *R4* составляют двухтактный усилитель мощности. *VD1*... *VD4* — диодный мостовой выпрямитель со сглаживающим фильтром

R9, *C6*, *C8*; *VD6*, *VD7*, *C5* и *C7* — выпрямитель-удвоитель напряжения со сглаживающим фильтром *R10* и *C9*. Оба эти узла начинают работать при включении напряжения питания от батареи аккумуляторов = 24 В по цепи: разъем *X1* — предохранитель *F1* — тумблер питания *S1* — разъем блока *X10* — разъем блока *X5* — дроссель *L1*, конденсаторы фильтра *C1* и *C2*. Вольтметр *P1* — для контроля питающего напряжения; предохранитель *F2* — в цепи выпрямителя и вибратора-излучателя.

Усилитель предназначен для усиления напряжения эхо-сигнала и формирования из него токового импульса для получения отметки (прожига) на электротермической бумаге в устройстве временно́й развертки. Трансформатор *T3* — согласующий. Лампа *V4* — первый каскад (левая половина) и второй каскад (правая половина) усиления напряжения. Лампа *V5* — третий и четвертый реостатные каскады усиления напряжения. *V6* — усилитель мощности. С выходной обмотки трансформатора *T4* по анодной цепи *V6* через диод *VD12* сформированный эхо-импульс тока подается на траверсу и далее на перо, через бумагу платы *U1* на корпус. Вспомогательные элементы: сдвоенные потенциометры *R42—1* и *R42—2* — для регулирования коэффициента усиления. *XN1* — гнездо для контроля эхо-сигнала при настройке. Остальные элементы — обычные для усилительных ламповых каскадов. Цепь питания анодов ламп: *C8* блока питания — *X5*—*X10*—*X9*—*X8* и через трансформатор *T4* и разъемы *X9*, *X8*. Цепь эхо-сигнала: корпус — разъем *X3* — приемный вибратор *B3*—*X3* — кнопка *S7*—*X6*, *X7*—*T3*.

Устройство электромеханической временно́й развертки предназначено для решения уравнения $h = Vt/2$ и регистрации этого процесса на электротермической бумаге. На рис. 90 пунктирная линия *A*—*A* изображает механическую связь элементов устройства. Электродвигатель *M1* — для вращения вала устройства. Цепь питания двигателя: *X5*—*X10* — тумблер *S2* «Работа» — *R5*—*R6*—*M1*. Для перевода прибора в диапазон измерения 0—40 м переключателем *S3* закорачивается резистор *R6*: скорость вращения вала увеличивается. Двигатель имеет также автоматический центробежный регулятор числа оборотов, допускающий их подрегулировку при настройке. Посылочные контакты *S10* — для коммутации цепи блока питания с цепью питания вибратора-излучателя при образовании зондирующего импульса: *C9*—*X5*, *X10*—*S10*—*X2* — вибратор *U2*—*X2* — корпус. Узел контроля оборотов двигателя действует следующим образом. Тахогенератор *M2*, механически связанный с валом двигателя *M1*, вырабатывает напряжение на делителе *R20*—*R22*, пропорциональное числу оборотов вала. Часть напряжения с резистора *R21* подается на стрелочный индикатор *P2*. С другой стороны на *P2* подается через тумблер

S8 «Контроль оборотов» стабильное напряжение от источника—стабилизатора на триодах *VT5*, *VT6* и стабилитронах *VD10*, *VD11* с регулятором *R29*. С этим напряжением на индикаторе *P2* сравнивается напряжение от тахогенератора. Его шкала отградуирована в значениях числа оборотов двигателя и скорости распространения звука в воде. Другой способ контроля числа оборотов двигателя *M1*: по цепи *C8—X5*, *X10—R13* — неоновая контрольная лампа *H3* — тумблер *S8* — контактная группа пластинчатого коллектора *S9—2* — корпус лампа *H3* для имитации скорости звука в воде 1500 м/с на диапазоне измерений 0—40 м дает 30 вспышек в минуту.

Органы управления. Устройство для *подмагничивания вибратора-приемника* служит для повышения его чувствительности. Для этого кратковременно кнопкой *S7* «Подмагничивание» образуют цепь питания вибратора: *C8—X5*, *X10* — диод *VD9* (подавляет колебательный процесс при коммутации) — *S7—X3* — вибратор *B3* — корпус. Устройство для *формирования искусственного нуля* — для введения поправки на заглубление вибраторов или колебание уровня моря: конденсатор *C10* заряжается по цеци *C8—X5*, *X10—R12—C10*. При включении тумблера *S6* «Искусственный нуль» конденсатор разряжается по цепи: *C10—S6—S10—VD8* — траверса платы *U1* — перо—бумага—корпус. В момент замыкания *S6* на бумаге образуется штрих; его положение можно регулировать с помощью специального винта. Устройство *записи оперативной отметки* — для получения специальной отметки в виде поперечной линии на ленте, например, в момент определения места судна. Первый способ: нажатием кнопки *S4* «Оперативная отметка» образуется цепь: *C8—X5*, *X10—R8—S4—VD5* — траверса *U1*—перо—бумага—корпус. Второй способ — нажатием педали *S11*, включенной через разъем *X4* параллельно кнопке *S4*. Третий способ — включением тумблера *S5* «Автоматическая оперативная отметка». При этом по цепи, параллельной кнопке *S4*, через контактную группу *S9—1* получается то же действие без участия оператора. Устройство *записи условной отметки диапазона 0—200 м* действует так: при включении *S3* в положение «0—200 м» образуется цепь *C8—X5*, *X10—R7—S3* — короткая, изолированная от длинной, часть траверсы — перо—бумага—корпус. С касанием пера короткой части траверсы оно пишет сплошную короткую линию на правой кромке бумаги.

18.3. Устройство эхолота ПЭЛ-3

Конструктивно в комплект эхолота ПЭЛ-3 входят следующие основные устройства: центральный прибор, вибраторы врезные или забортное устройство, педаль. Отдельно, кроме того, к при-

бору придаются: градуирующее устройство, прибор № 1, прибор № 2 (оба — для обработки эхограмм), а также ящик с запасными частями и принадлежностями, в котором имеются инструмент для текущего ремонта, сменные элементы, вспомогательные материалы, 8 рулонов электротермической бумаги.

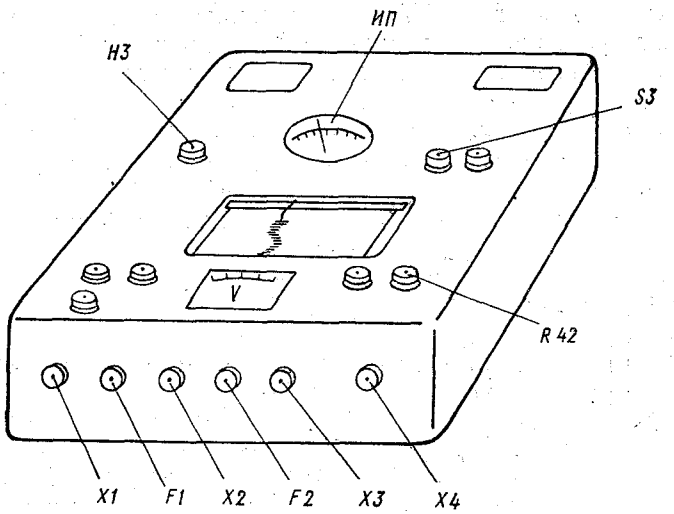


Рис. 91. Центральный прибор эхолота ПЭЛ-3.

Центральный прибор (*ЦП*), смонтированный в литом корпусе, содержит блок питания, усилитель, устройство для временно́й развертки, органы контроля и управления. Возможна установка *ЦП* в горизонтальном, вертикальном и наклонном положениях (рис. 91). На откидывающейся крышке *ЦП* с окном для наблюдения за записью глубин снаружи размещены основные органы контроля и управления эхолотом. Внутри на крышке размещены узел контроля оборотов двигателя *М1* и фотография со схемой прибора. Внутри корпуса *ЦП* расположены плата сборная механического блока с электродвигателем *М1*, редуктором, тахогенератором *М2*, устройством временно́й развертки и лентопротяжный механизм. Бумажная лента, сматываясь с рулона *11* (см. рис. 89), проходит между пишущим пером *6* и откидывающимся столом, затем между протягивающим *12* и прижимным *13* валиками на приемную гильзу *14*. Шкалу глубин *5* после открепления можно перемещать в небольших пределах для быстрого согласования с нулевой отметкой. Бумага и шкала освещаются лампами подсвета (*Н1*, *Н2* на принципиальной схеме). Переключение диапазонов

производится с помощью коромысла *15* с шестернями *16* и *18* нажатием кнопок *S3*. При этом в зацепление входят либо шестерни *17* и *18*, либо *19* и *20*, изменяя передаточное число от вала *21* электродвигателя *M1* к валу *9* ведущего шкива *4*. Одновременно переключаются посылочные контакты диапазонов и контактной группы цепи условной отметки диапазона 0—200 м. От двигателя *M1* через механические связи редуктора получают вращение тахогенератор *M2*, посылочный кулачок *S2*, протягивающий валик *12* и наматывающая гильза *14*. На конце

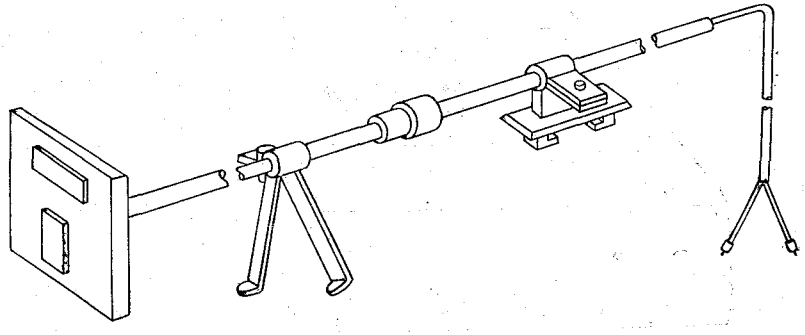


Рис. 92. Забортное устройство эхолота ПЭЛ-3.

валика *12* насажен текстолитовый барабан *22* с тридцатью медными ламелями, замыкающими на диапазоне 0—40 м цепь лампы *H3* контроля оборотов 30 раз в минуту контактами *S1-2*. Контактами *S1-1* замыкается цепь автоматической оперативной отметки 1 раз в минуту. Под откидной платой с двигателем, редуктором и устройством регистрации в центральном приборе расположены блок питания *3* и усилитель *1*, выполненные отдельными субблоками.

Вибраторы врезные — излучающий и приемный — устанавливаются по отдельности в прорези подводной части корпуса судна. Их монтаж возможен лишь при его постройке или доковании. Пакет каждого вибратора собран из листового никеля и имеет обмотку, концы которой пропущены через сальники вовнутрь корпуса судна. Для акустической изоляции от корпуса применены резиновые амортизаторы.

Забортное устройство конструктивно объединяет излучающий и приемный вибраторы в одном корпусе — обтекателе. Выводы обмоток обоих вибраторов пропущены через трубу. Устройство крепится к корпусу судна вверху — кронштейном с амортизаторами, внизу — треугольным кронштейном и еще двумя талрепами. Конструкция забортного устройства позволяет быстро монтировать и снимать его (рис. 92).

Градуирующее устройство служит для сличения показаний эхолота в диапазоне глубин 1—50 м. Состоит из ручной лебедки с тросом длиной 55 м, на конце которого в трех точках закреплен стальной диск-отражатель диаметром 0,5 м. Лебедка крепится к палубе судна.

Педаль используется как выносной включатель цепи оперативной отметки при измерении глубин; с центральным прибором соединяется 6-метровым кабелем с разъемом.

Приборы № 1 и 2 — для механического введения поправок в показания эхолота на эхограммах. Это специальные планшетные устройства с подвижными шкалами. Прибор № 1 позволяет вводить поправки на заглубление вибраторов, отклонение скорости вращения вала электродвигателя от номинальной и на изменение скорости распространения звука в воде. Прибор № 2 позволяет вводить поправки на уровень моря и общую поправку, полученную при использовании градуирующего устройства.

18.4. Монтаж эхолота на судне. Подготовка к работе. Характерные неисправности и их устранение

Центральный прибор ПЭЛ-3 на судне устанавливается в удобном для работы месте в горизонтальном, вертикальном или наклонном положении. При этом следует предусмотреть удобство использования штурманских средств для определения места судна во время измерения глубины, имея в виду длину кабеля выносной педали. Для предотвращения помех приему сигнала от электроаппаратуры и кабельных линий необходимо удалить от них центральный прибор и заземлить экранирующие оплетки и трубы через каждые 3 м их длины. Место установки забортного устройства выбирается исходя из следующих условий. Вблизи не должно быть всасывающих, выбрасывающих и выстреливающих устройств, способных на ходу судна создать завихрения или насыщать водную среду вокруг обтекателя газовыми пузырьками, а также создающие вибрацию корпуса и акустические помехи. Для постановки забортного устройства к борту судна должны быть приварены на высоте заглубления вибраторов две проушины для нижнего кронштейна. Обтекатель погружается в воду не ниже $^3/_4$ осадки судна, чтобы исключить повреждение при касании грунта на мелководье. Забортное устройство крепится к правому или левому борту судна при помощи кронштейнов и двух стяжек с талрепами — для большей жесткости. Нижний кронштейн вдевается в проушины, а верхний крепится к палубе. С центральным прибором забортное устройство соединяется экранированными кабелями в ре-

зиновой трубе. После установки ПЭЛ-3 на судне, а в дальнейшем — при изменении условий распространения звука в воде и после капитального ремонта необходимо производить настройку эхолота согласно «Инструкции по эксплуатации». Она состоит в следующем: регулировка зазора посылочных контактов *ПК2*; совмещение нулевой отметки с «0» шкалы согласованием положения пишущего пера у «0» шкалы с моментом замыкания *ПК2*; смещение момента посылки излучающего импульса и смещение линии записи искусственного нуля; регулировка скорости вращения вала электродвигателя, согласование показаний стрелочного индикатора и регулировка натяжения бесконечной ленты между шкивами при ее замене.

Для подготовки эхолота к работе необходимо установить электротермическую бумагу в центральный прибор. Для этого следует открыть его крышку, откинуть стол лентопротяжного механизма, снять подающую гильзу с дисками и, вставив гильзу в рулон бумаги, снова надеть диски, установить гильзу с рулоном на место, прижав ее пружинящим центром. Далее, отжав пружинные винты шкалы, пропустить конец бумажной ленты между шкалой и столом и между прижимным и протягивающим валиками — лицевой стороной к себе. Заправив конец ленты в наматывающую гильзу, навернув три оборота без перекоса, установить стол и шкалу в рабочее положение. Перекос ленты устраняется центрующим винтом подающей гильзы. **Включение эхолота без установленной электротермической бумаги запрещается.**

Перед пуском ПЭЛ-3 все тумблеры на *ЦП* следует выключить; внешним осмотром проверить состояние контактов, монтаж, крепления узлов, проверить легкость хода в кинематических цепях проворачиванием муфты электродвигателя *на себя* (вращение муфты *от себя* приводит к поломке пера). Проверяется правильность кабельных соединений, наличие и целость предохранителей, напряжение питающей сети (24±2 В); закрывается крышка *ЦП*.

Для пуска ПЭЛ-3 включается тумблер «Питание», проверяется подсветка шкалы. После прогрева ламп усилителя включается тумблер «Работа». При этом работает электродвигатель и протягивается бумага. Следует убедиться в отсутствии ненормальных шумов *ЦП* при работе, в отсутствии искрения на коллекторах двигателя и центробежного регулятора. Производится контроль числа оборотов вала двигателя: включается тумблер «Контроль оборотов» и по секундомеру проверяется временно́й интервал 60±0,3 с, за который неоновая лампа делает 30 вспышек. В случае отклонения частоты вспышек от нормы она регулируется ручкой *АЦР*. Нажатием кнопки проверяется четкость оперативной отметки ручной и

автоматической. Переключением на диапазон «0—200» проверяется четкость условной отметки. Включением тумблера «Искусственный нуль» проверяется наличие его записи. Периодически и после ремонтов эхолота производится подмагничивание приемного вибратора кратковременным нажатием кнопки «Подмагничивание».

Для выключения ПЭЛ-3 сначала выключается тумблер «Контроль оборотов», затем тумблер «Питание» и «Работа».

При работе ПЭЛ-3 возможны отказы из-за неисправности ряда узлов. При отсутствии записи в обоих диапазонах измерения следует проверить наличие искры на *ПК2* в работе. Исправность вибратора-излучателя проверяется прослушиванием характерного щелчка при замыкании цепи зондирующего импульса. В случае неудовлетворительных результатов этих проверок следует заменить предохранитель *F1*. При повторном его сгорании надо проверить исправность цепи, наличие высокого напряжения на *C9*, изоляцию вибратора-излучателя мегомметром на 500 В. При отсутствии приема эхо-сигнала следует проверить целость линии вибратора-приемника, исправность его (при подмагничивании прослушивается щелчок), проверить целость *V9*, наличие напряжения на анодах ламп усилителя, постоянного напряжения на выводе *C8*, на обмотке *9—10 T2*. При неисправности ламп усилителя заменить их из ЗИПа. Проверить наличие цепи *T2* — траверса. При нестабильной работе электродвигателя следует проверить цепь *АЦР*, осмотреть щетки, почистить коллектор двигателя и прижать к нему щетки. При большом потреблении мощности эхолотом следует проверить легкость хода механизмов, наличие смазки в редукторе. Проверить цепи питания, отключая некоторые цепи с нагрузкой (например, усилитель, затем вибратор), заменить неисправный элемент. При отсутствии показаний стрелочного индикатора оборотов *ИП* следует проверить цепь тахогенератора. При отсутствии записи линии искусственного нуля — проверить исправность контактной пары *1—2 ПК2*, отрегулировать ее, проверить целость диода *V8* и тумблера *B5*.

18.5. Производство измерений эхолотом ПЭЛ-3

Целью производства измерений эхолотом — промера глубин — является обследование глубин района для специальных целей, либо для последующего составления батиметрической карты. Поэтому измерения глубин должны сопровождаться возможно более точными определениями мест судна в моменты, обозначенные оперативными отметками на эхограмме. В зависимости от имеющихся навигационных средств и обстановки в данной

акватории организация и технология измерений могут быть различными. В главе 4 приведены общие рекомендации по подготовке навигационного оборудования на берегу, на судне, выбору масштабов, расстояний между галсами. При невозможности использовать данные рекомендации или в отдаленных от берега районах следует использовать более надежные методы определения мест судна при маневрировании, например особо точные — радионавигационные фазовые методы. Однако они требуют специального оборудования на судне и на берегу.

Перед производством промеров необходимо тщательно подготовить все используемые при этом технические средства. Желательно градуировать эхолот в районе промерных работ и опробовать его настройкой усилителя, добиваясь четкой записи на всем диапазоне глубин. Необходимо выяснить влияние приливных явлений в данном районе к периоду производства промеров и учесть их при настройке эхолота выбором места отметки искусственного нуля на эхограмме. При этом возможен и учет заглубления вибраторов. При невозможности использовать градуировочное устройство необходимо получить возможно более точные сведения о диапазоне скоростей распространения звука в данном районе, чтобы учесть этот диапазон с помощью настройки эхолота по индикатору и при обработке эхограмм. Предварительно инструктируется участвующий в работе персонал. Изучается общий характер возможных глубин в данном районе с тем, чтобы выбрать оптимальный вариант маневрирования. Для производства промеров желательна тихая погода. Скорость хода судна при промерах выбирается также из расчета получить достаточно подробную карту глубин, имея в виду и рекомендованные скорости в формуляре эхолота, а также имеющийся опыт помощников в использовании навигационных средств для определения места судна. Совместно с капитаном судна и штурманом следует заранее подготовить подробную навигационную прокладку маневрирования на кальке, снятой с морской карты крупного масштаба данного района. При этом согласуются ориентиры для определения места, условные команды и сигналы для действий всех участников работы. К управлению судном следует привлечь наиболее опытного рулевого, чтобы сократить до минимума рыскание на курсах. Еще лучше, если имеется на судне авторулевое устройство. Для слаженной работы на период маневрирования действия всех участников промерных работ подчиняются одному руководителю. Для помощников оператора следует заранее составить бланки с номерами галсов, расписанием по минутам, нумерацией точек промеров и измеряемых углов (пеленгов, дистанций) для привязки их к оперативным отметкам с соответствующими номерами на эхограмме.

Перед началом работы необходимо сверить часы всех участников. В момент, предстоящий промеру в точке и определению места судна, руководитель может давать предварительный сигнал о готовности. По второму сигналу все лица, назначенные для определения места судна, быстро выполняют необходимые измерения, например углов секстанами, записывают их, а оператор у эхолота делает на ленте оперативную отметку, либо она записывается ежеминутно автоматически. Таким образом, все измерения и записи при промерной работе эхолотом выполняются так, чтобы каждой точке промера — оперативной отметке на ленте — соответствовало минимум одно определение места судна, сделанное тем или иным способом. Оператор выбирает необходимый диапазон измерений и вращением регулятора усиления добивается четкой устойчивой записи без помех. Нужно иметь в виду, что характер записи на эхограмме зависит от отражательной способности грунтов. Более четкое «эхо» записывается от плотных грунтовых пород — камня, песков. Ил и густые водоросли на дне не дают четкой записи. Наличие зыби из-за отклонения ультразвукового луча от вертикали ухудшает качество записи, особенно при бортовой качке, а ветровое волнение часто вообще исключает возможность расшифровки эхограммы. В некоторых случаях, например при малой скорости на галсах и удобных способах надежного определения места судна с имеющимся достаточным опытом, при четкой записи глубин эти измерения может выполнять один оператор, используя выносную педаль для производства оперативных отметок.

18.6. Обработка эхограмм эхолота ПЭЛ-3

Цель обработки эхограмм — получить готовые результаты измерений для использования их при составлении батиметрических карт. При этом следует учитывать общие рекомендации по обработке результатов промерных работ, приведенных в параграфе 4.3.

Для обработки эхограммы необходимо на кальке маневрирования нанести все обсервованные места судна. Для этого используются обычные в морской штурманской практике приемы и инструменты. По номерам галсов, оперативных отметок и записанным моментам времени каждому обсервованному месту судна сопоставляется оперативная отметка и точка пересечения ее с линией записи глубин. При этом надо следить за тем, чтобы в группы обсервованных мест на кальке с прокладкой не вкрались бы линии положения судна с большими погрешностями и грубые промахи. Далее исправляются пока-

зания эхолота. Если предварительно в данном районе использовалось градуирующее устройство для определения общей поправки эхолота до глубины 50 м, то истинные глубины полу-

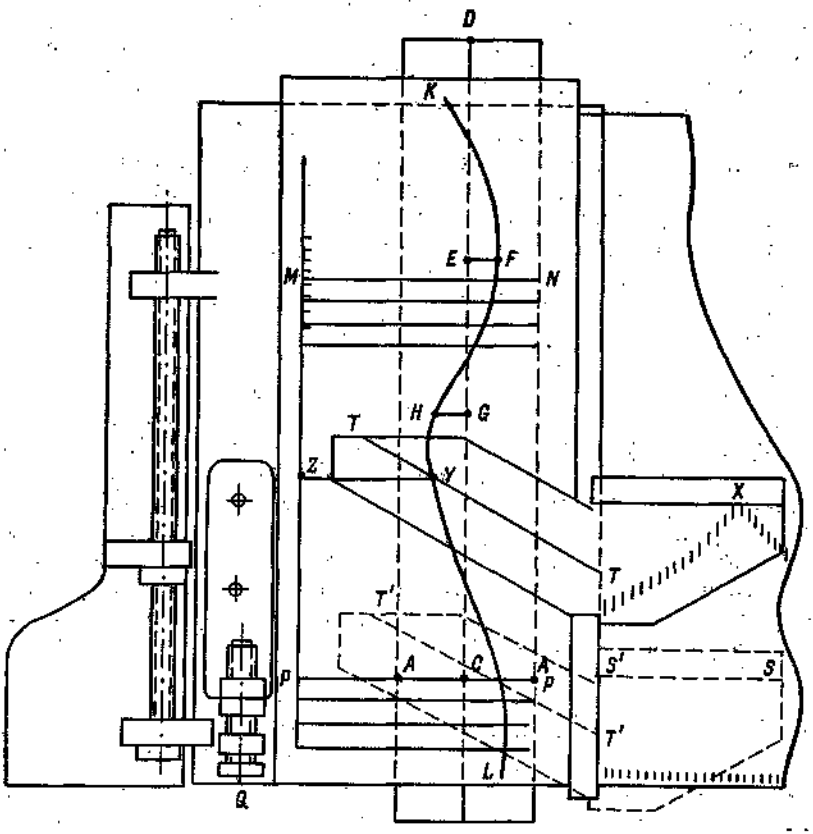


Рис. 93. Прибор № 2 для обработки эхограмм ПЭЛ-3.

чают с помощью прилагаемого к эхолоту прибора № 2 (рис. 93). Для этого сначала на полосе миллиметровки с размерами 250×50 мм строится график следующим образом. В нижней части полосы миллиметровки проводится поперечная линия *A—A*. К ее середине восстанавливается перпендикуляр *CD*. На нем как на одной из шкал глубины эхолота (эти же шкалы нанесены на верхней линейке прибора № 2) в том же масштабе откладываются отрезки, по длине соответствующие показаниям эхолота, полученным при градуировке с отражателем (например, *CG*, *CE*). Значения же общих поправок со своими знаками к показаниям, полученные при

этой градуировке, откладываются в виде перпендикуляров к концам G, E отрезков CG, CE. Вправо откладываются отрезки для отрицательной поправки, например EF, а влево — для положительной (GH). Полученные таким образом точки H, ..., F концов отрезков соединяются плавной кривой $KFHL$. Движок прибора прикладывается к правому краю нижней линейки так, чтобы его горизонтальная линия S—S совпала с линией P—P нижней линейки. График вставляется между верхней линейкой со шкалами глубин M и N и нижней линейкой таким образом, чтобы проведенная на нем поперечная линия совпала с линией P—P на нижней линейке, а точка C начала координат графика лежала бы на наклонной линии T'—T' движка. Верхняя линейка может с помощью винта Q сдвигаться относительно линии P—P нижней линейки на значение поправки на уровень моря (см. параграф 4.3). Для нахождения значений истинных глубин горизонтальная линия движка совмещается с точками, соответствующими показаниям эхолота, например X. При этом на графике окажется точка Y пересечения кривой $KFHL$ с наклонной линией T—T движка. Соответствующая ей точка Z на шкале «0÷50» и будет истинным значением глубины h.

Если градуировка эхолота с помощью отражателя не проводилась, но выяснена скорость распространения звука в данных условиях, а также в диапазоне глубин 50—200 м, то для исправления показаний эхолота поправками на эту скорость, на заглубление вибраторов и на скорость вращения вала электродвигателя следует использовать прибор № 1 (рис. 94). При *пониженных* скоростях звука в диапазоне 1410—1470 м/с в прибор вставляется сменная *удлиненная* шкала глубин № 1. При *повышенных* скоростях звука в диапазоне 1460—1520 м/с вставляется сменная *укороченная* шкала глубин № 2. На стол *4* прибора под верхнюю плату *8* с угловой шкалой вставляется эхограмма *6*. Верхняя плата перемещается для совмещения одной из ее линий *2* с нулевой линией эхограммы и закрепляется в этом положении винтами *1* и *10*. Для сменной шкалы № 1 используют таблицу № 1 в «Инструкции по использованию прибора № 1». Для сменной шкалы № 2 используют таблицу № 2. В них по аргументам — известной заранее скорости звука в воде, а также определенной с помощью неоновой лампы на пульте ПЭЛ-3 и секундомера скорости вращения вала электродвигателя находят угол разворота линейки *3* на угловой шкале верхней платы *8*. Поправка на заглубление вибраторов вводится сдвигом нулевого деления *сменной* шкалы вправо или влево от нулевой линии на эхограмме, после чего сменная шкала закрепляется винтами *7*. После этого поворотную линейку *3* следует также застопорить винтом *9*. Для

определения истинных значений глубин они считываются на сменной шкале *5*. При этом эхограмма протягивается по столу *4* прибора для считывания очередных глубин. Третий ряд цифро-

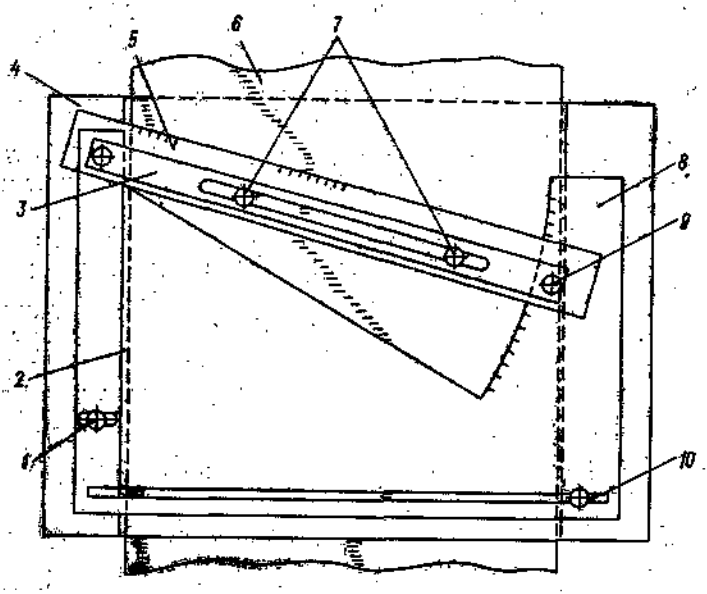


Рис. 94. Прибор № 1 для обработки эхограмм ПЭЛ-3.

вых отметок — для глубин более 200 м — на сменных шкалах № 1 и 2 предназначен для эхолота другого образца.

Пример. Скорость вращения электродвигателя соответствует 30 вспышкам неоновой лампы за 60,2 с по секундомеру. Скорость звука в воде 1450 м/с. Определить угол разворота линейки на угловой шкале; выбрать нужную шкалу глубин.

Решение: по скорости звука в воде 1450 м/с выбираем таблицу и соответственно ей — сменную шкалу. По таблице с аргументами 1450 м/с и 60,2 с находим угол разворота линейки со сменной шкалой — 16° 20′:

Таблица углов наклона шкалы (выборочно)

V м/с	Время, с						
	59,7	59,8	59,9	60,0	60,1	60,2	60,3
1440	13°00′	13°30′	13°50′	14°10′	14°40′	15°00′	15°20′
1445	13 50	14 10	14 40	15 00	15 20	15 40	16 00
1450	14 40	15 00	15 20	15 40	16 00	16 20	16 40
1455	15 20	15 40	16 00	16 20	16 40	17 00	17 20

Методика использования промерного эхолота раннего образца — ПЭЛ-2 в принципе не отличается от описанной выше. ПЭЛ-2 не имеет выносной педали, устройства автоматической оперативной отметки и тахометра с указателем скорости вращения вала электродвигателя. В комплекте ПЭЛ-2 нет градуировочного устройства и вспомогательных приборов для обработки эхограмм. Градуировка эхолота этого образца может производиться лишь ручным лотом. По конструкции центральный прибор и обтекатель с вибраторами более массивны.

Вопросы и задания

1. В чем заключается принцип эхолокации?
2. Как устроено и действует устройство временной развертки эхолота?
3. Как устроен узел контроля скорости вращения вала электродвигателя? Какие способы этого контроля можно применять?
4. Для чего в схеме усилителя имеется каскад усиления мощности?
5. Зачем и когда производится подмагничивание приемного вибратора?
6. Как действует устройство оперативной отметки и в каких вариантах?
7. Как узнать по эхограмме, что запись произведена на диапазоне 0—200 м?
8. Какой простой способ определения исправности вибратора-излучателя можно использовать? То же — для вибратора-приемника.
9. Какие особенности монтажа необходимо учитывать для предотвращения помех при записи глубин?
10. Какие поправки учитывает прибор № 1 для обработки эхограмм?

Глава 19

ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ОКЕАНОГРАФИЧЕСКИЕ ПРИБОРЫ ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ЭЛЕМЕНТОВ ВОЛН

19.1. Назначение и принцип действия прибрежного волнографа ГМ-61 и судового волнографа ГМ-62

Частота морских ветровых волн находится в диапазоне примерно 0,03—10 Гц, а высота — от нескольких миллиметров до 25 метров и более. В таких широких диапазонах частот и высот измерять элементы волн каким-либо универсальным прибором практически невозможно. Для подавляющего большинства практических и научных задач достаточно измерение волн с высотами 0,1—25 м и частотами 1—0,03 Гц в открытых морях и 0,1—10 м, 1—0,06 Гц в прибрежных районах. Волны высотой до 20 м можно измерять судовым волнографом ГМ-62, а высотой до 10 м — прибрежным волнографом ГМ-61. Вместо волнографа ГМ-61 можно применять волнограф ГМ-62. С помощью

аналого-цифрового преобразователя-регистратора (АЦПР) показания волнографов можно одновременно с записью в аналоговой форме регистрировать на перфоленте и вводить в ЭЦВМ для обработки.

Оба волнографа имеют много общего в принципе действия, значительное сходство в схемном исполнении, одинаковые регистрирующие устройства, схожие способы градуировки, методики измерений и обработки полученной информации. Поэтому соответствующие технические и метрологические характеристики можно рассмотреть в их сравнении.

Прибрежный волнограф ГМ-61 предназначен для измерения характеристик волновых колебаний — высоты, периода и вертикальной скорости волн в месте установки датчика, передачи измеренных величин на расстоянии к автоматическому потенциометру КСП-4 для их регистрации. Прибор применяется при инженерных изысканиях, научных исследованиях, а также для информационных целей в стационарных и экспедиционных условиях в прибрежной зоне и на мелководье морей, озер и водохранилищ.

Судовой волнограф ГМ-62 предназначен для непрерывной регистрации высот и периодов волн с судна на глубоководных акваториях морей, озер и водохранилищ. Прибор может применяться для регистрации вертикальной качки точки судна, где подвешен датчик. Используется в научно-исследовательских, проектных и информационно-оперативных целях. ГМ-62 можно применять также для регистрации волновых колебаний и в прибрежных районах или на мелководье со стационарных неподвижных установок (эстакад, вышек, свай).

Основные технические характеристики волнографов ГМ-61 и ГМ-62

Характеристики	ГМ-61	ГМ-62
Пределы измерения, диапазоны:		
высоты волн, м	0,05—10	0,05—10 0,1—20
периоды волн, с	0,4—20	0,4—30
Допускаемая основная погрешность:		
по высоте волн, м	$\pm (0{,}05 + 0{,}01h)$	$\pm (0{,}04 + 0{,}09h)$ $\pm (0{,}08 + 0{,}011h)$
по периоду, с	$\leqslant 0{,}4$	$\leqslant 0{,}3$
Длина линии связи, м	500	60—100
Масса комплекта, кг	28	270
Потребляемая мощность, Вт	60	110
Питание	От сети переменного тока 220 В, 50 Гц	
	24 В пост. тока	—

В обоих приборах используется прямое преобразование в измерительной цепи от датчика до регистратора. Регистраторы КСП-4 являются потенциометрами компенсационного типа.

Датчиком обоих приборов, преобразующим волновые колебания в электрическое напряжение, является высокоомная нихромовая неизолированная проволока диаметром 0,3—0,4 мм и длиной 10 или 20 м. Такой датчик опускается вертикально в воду до половины своей длины. Морская и пресная вода — хорошие проводники для переменного тока звуковой частоты 4—5 кГц. Поэтому сопротивление части датчика, находящейся *над* водой, является линейной функцией высоты волны: поверхность воды играет роль движка потенциометра, у которого погруженная в воду часть закорочена. Датчик включен в измерительную схему, на которую подается переменное напряжение звуковой частоты 5 кГц; выходной сигнал этой схемы, промодулированный с периодом волновых колебаний водной поверхности, выпрямляется и подается на вход потенциометра КСП-4, на ленте которого регистрируется в сильно уменьшенном масштабе в виде волнограммы.

Средняя точка проволочного «датчика волны» прибрежного волнографа ГМ-61 совмещается со средним уровнем моря (водоема) и неподвижна относительно этого уровня, так как неподвижна точка подвеса датчика: он подвешивается на эстакаде, вышке или свае. Поэтому этот прибор регистрирует непосредственно только процесс волнения. Средняя точка «датчика волны» прибора ГМ-62, которая должна находиться также на среднем уровне моря, не является неподвижной относительно этого уровня, так как проволочный датчик подвешен впереди у форштевня и из-за качки судна при волнении перемещается вместе с форштевнем по вертикали. По этой причине он не может быть датчиком только высоты волны, а является датчиком одновременно наложенных друг на друга высот — волны и высоты точки подвеса при качке судна. Для исключения влияния качки на показания у волнографа ГМ-62 одновременно с датчиком волны применяется другой специальный *датчик качки*, нечувствительный к процессу волнения, а реагирующий только на качку судна. Он представляет собой тензометрический датчик гидростатического давления, опускаемый в воду на глубину ниже полудлины волны на общей вертикали с первым датчиком. Выходной величиной датчика волны является суммарное электрическое напряжение, состоящее соответственно из двух компонентов: составляющей от волнения и составляющей от качки. Важно заметить, что с заглублением датчика волны обе составляющие напряжения уменьшаются, так как уменьшается надводная часть проволоки. Выходной величиной датчика качки, поскольку он реагирует

только на качку, является только составляющая напряжения от качки. С заглублением этого датчика его выходное напряжение, наоборот, увеличивается из-за деформации тензометра от гидростатического давления. Параллельное подключение обоих датчиков на общий вход измерителя КСП-4 дает эффект взаимной компенсации *составляющих напряжений от качки.* Таким образом измеряется остающаяся нескомпенсированной *составляющая напряжения от волнения*, которая и регистрируется в качестве волнового процесса в сильно уменьшенном масштабе на ленте КСП-4 в виде волнограммы.

19.2. Устройство и принципиальная электрическая схема ГМ-61. Монтаж прибора

В комплект прибора входят измерительный блок, автоматический потенциометр КСП-4, проволочный датчик волны длиной 13 м, три кабеля для линии связи, груз для датчика, запасные принадлежности, паспорт и инструкция по эксплуатации. В отдельном измерительном блоке (рис. 95) расположены элементы электрической схемы. Органы управления выведены на лицевую панель. Разъемы для подключения питания и потенциометра, а также клеммы входов датчика и «земля» расположены на задней стороне блока. Прибор может питаться сетевым напряжением 220 В, 50 Гц или от источника постоянного тока напряжением 24 В.

На принципиальной электрической схеме (рис. 96) *S1* — тумблер сетевого питания; *H* — его индикаторная лампа; диоды *VD1—VD4* — выпрямитель тока для питания транзисторной схемы пониженным напряжением через трансформатор *T1*; *R2*, *C1* и *C2* — фильтр; стабилитроны *VD5*, *VD6* — для стабилизации напряжения; *S2* — тумблер питания от источника постоянного тока. Транзисторы *VT1* и *VT2*, стабилитроны *VD7—VD10* и трансформатор *T2* составляют схему мультивибратора с индуктивной обратной связью. Он настроен на частоту 5 кГц. Выходное напряжение мультивибратора с трансформатора *T2* подается в измерительную цепь. Переключатель режима работы прибора *S3* соединяет с входом *X4* датчик «*B*» или включает в измерительную цепь вместо него имитаторы датчика — резисторы *R7* либо *R8* в контрольном режиме прибора. Трансформатор *T3* — разделительный. При измерении параметров волнения переменный ток частоты 5 кГц, промодулированный низкочастотной составляющей в процессе волновых колебаний уровня воды у датчика, протекает по цепи: «Земля» — *T2* и *T3—R4—S3* — регуляторы уровня тока *R5* и *R6* («Грубо» и «Точно») — датчик «*B*» — «Земля». В контрольном режиме

ток протекает через переключатель *S3—R7* или *R8* — «Земля». Напряжение, снимаемое с этой измерительной цепи, трансформатором *T3* подается на выпрямитель-удвоитель *VD11, VD12, C3, C4*. Регистратор КСП-4 подключается к нему через делитель напряжения *R9, R10* и разъемы *X7, X8*. При этом измеряются высота волн и их период. Для измерения вертикальной

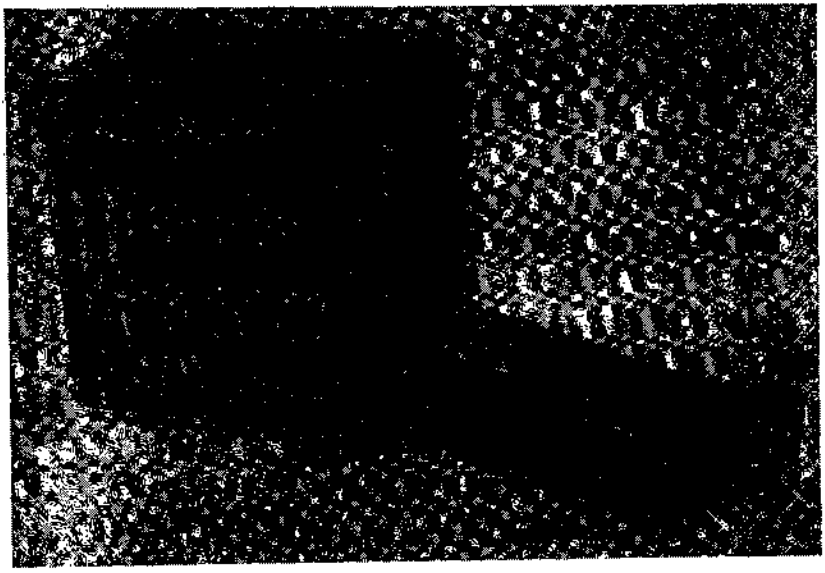


Рис. 95. Волнограф прибрежный ГМ-61.

скорости волн регистратор подключается к дифференцирующей цепи *C5—R11*.

Датчик волнографа с концевым грузом подвешивается к кронштейну неподвижной опоры (рис. 97 *а* и *б*), которой может быть также и притопленный буй. Опора должна быть установлена выше уровня моря при полной воде на высоту гребня наибольшей возможной в данном районе волны. На незамерзающих морях верхнюю часть опоры можно сделать съемной. Длина датчика может быть различной в зависимости от задач измерений; если применяется проволока короче или длиннее 10 м, то нулевая линия записи на ленте КСП-4 может быть смещена по желанию оператора резистором *R5*. Линию связи датчика с измерительным блоком лучше проводить по воздуху также на опорах. От опоры датчика до ближайшей опоры линии связи должно быть 10—15 м во избежание прогиба

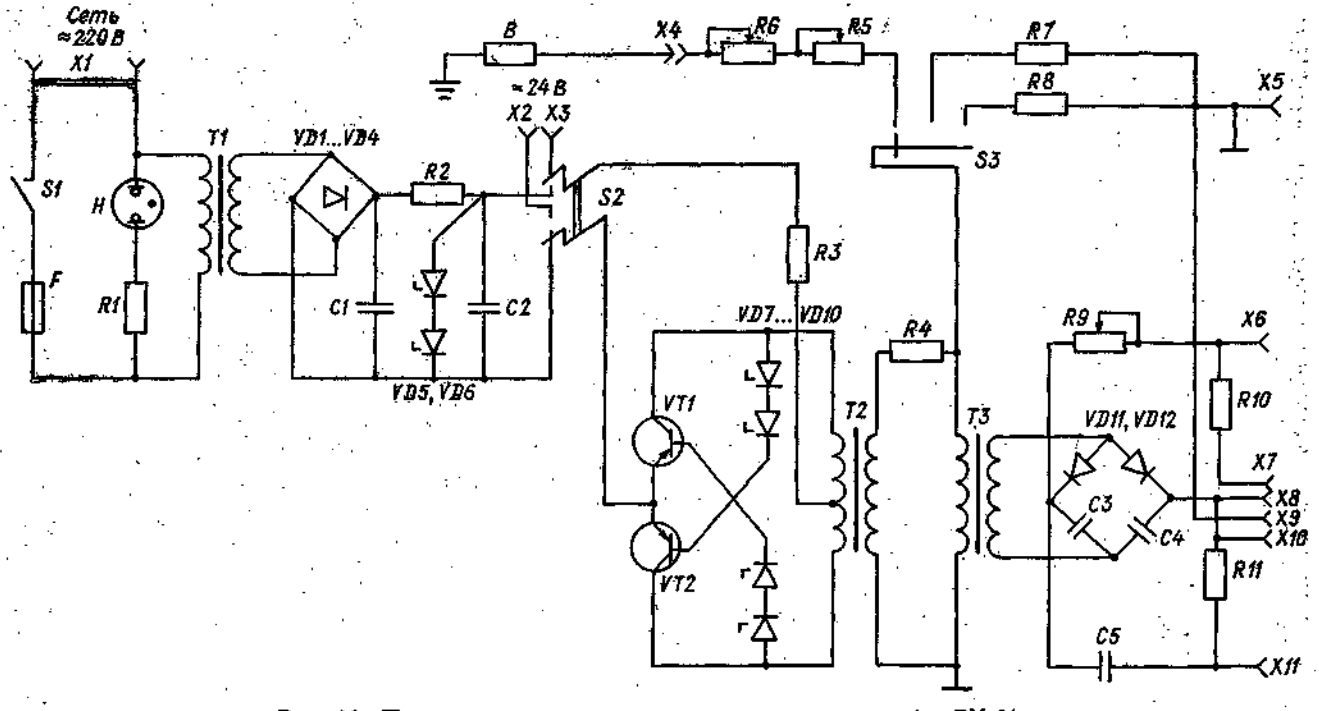


Рис. 96. Принципиальная электрическая схема волнографа ГМ-61.

первой, а расстояние между остальными опорами может быть 30—50 м. В пресноводном водоеме из-за меньшей проводимости воды опору датчика необходимо соединять с клеммой «земля» измерительного блока вторым проводом, в качестве которого можно применить медную проволоку диаметром 3—6 мм, стальной трос. Этот же проводник можно использовать для подвески на опорах первого — основного изолированного

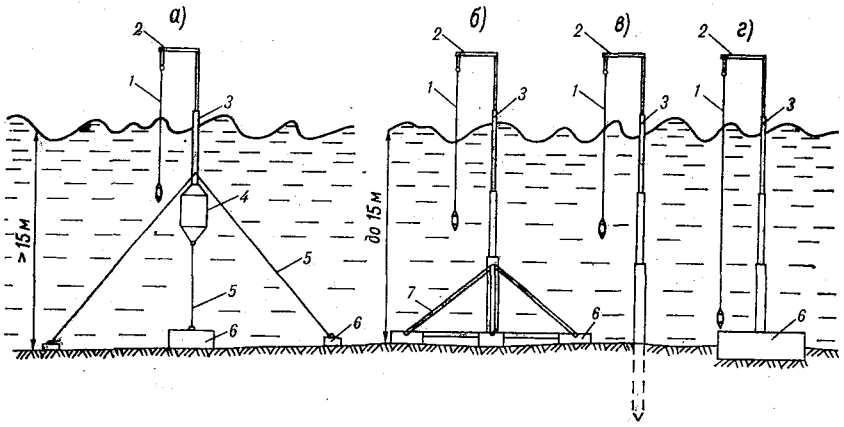


Рис. 97. Схемы установки опор для датчика волнографа.

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 грузом; *2* — кронштейн; *3* — телескопическая опора; *4* — притопленный буй; *5* — трос; *6* — якорь; *7* — сварная рама.

провода. Линию связи на берегу можно уложить в траншею. Во избежание появления индуктивного сопротивления в линии нельзя сворачивать лишний кабель в бухту, катушку, а следует обрезать его. Измерительный блок клеммой «земля» следует дополнительно заземлить к местному контуру заземления на станции. Регистратор КСП-4 вместе с измерительным блоком устанавливается в лаборатории с соблюдением обычных для электроизмерительных приборов рекомендаций по их эксплуатации на берегу. При использовании ГМ-61 в различных условиях на практике оказалось, что особого внимания требует линия связи, подверженная значительным механическим нагрузкам при волнении, а также воздействию морской воды на кабель.

19.3. Подготовка к работе и градуировка датчика волнографа ГМ-61

Основной объем работы по подготовке комплекта ГМ-61 относится к регистратору КСП-4. Для приведения его в действие необходимо выполнить следующие операции. С помощью масленки в коробке с принадлежностями залить приборное масло МВП по 10 см^3 в редукторы и по 2 см^3 в подшипники реверсивного двигателя РД-09 и синхронного двигателя СД-54. Отверстия для заливки и спуска масла заглушены винтами соответственно вверху и внизу на крышке редуктора. Проверить наличие зазора между барабаном и передним щитком: он не должен превышать 0,5 мм. В случае касания щитка барабаном или превышения нормы зазора подрегулировать его положение винтами на щитке, после чего залить их лаком. Проверить зазор между направляющими, прижимающими переднюю ленту, и передним щитком: норма зазора 2,5 мм. Регулировку этого зазора провести с помощью винтов на нижней части щитка; после регулировки винты залить лаком. Установить диаграммную ленту, для чего выполнить следующие операции. Освободить барабан, оттянув рычаг переключения скоростей вниз и повернув его справа налево; открыть направляющие, прижимающие диаграммную ленту с двух сторон; нажать пружинки и открыть передний щиток; положить пачку диаграммной ленты в ящичек так, чтобы круглая перфорация на ней легла слева; конец диаграммной ленты пропустить между барабаном и направляющим щитком, совмещая перфорацию с выступами барабана. Закрыть передний щиток, пропустить диаграммную ленту между передним щитком и направляющей осью на нем; уложить ленту на основание кронштейна, закрыть направляющие. Подключить провода питания, провода выхода измерительного блока и заземления; подать напряжение питания 220 В от сети и включить его тумблером «прибор». Произвести наладку записи следующим образом. Залить пипеткой чернила в чернильницу на 90 % ее объема, закрыть ее пробкой с полиэтиленовой трубкой и пером. Надеть спринцовку на металлическую трубку из комплекта принадлежностей и, создавая ею давление через пробку чернильницы, выдавить каплю на наконечнике пера. Включить тумблер «диаграмма», установив необходимую скорость протяжки ленты. Нажать на рычаг пишущего устройства и опустить перо на диаграммную ленту, добиться четкой записи регулировкой положения чернильницы по высоте положения. Выключить прибор. Установить указатель прибора на начальную отметку шкалы. Повернуть ручку барабана против часовой стрелки: при этом линия записи должна

совпасть с начальной линией диаграммной ленты. В случае несовпадения их, отвернув винты, освободить держатель пера и установить его так, чтобы добиться совпадения линий; после этого закрепить держатель. Для предотвращения прорыва диаграммной ленты лапка, установленная на каретке, должна быть выставлена на 0,2—0,3 мм выше конца пера. Поднять перо. Включить прибор и выдержать под напряжением в течение 15—20 мин. Включить протяжку ленты тумблером «диаграмма». Выбрать свободный ход в храповом механизме барабана с пуклевками. Для этого барабан провернуть в сторону, обратную рабочему движению ленты, до упора, опустить перо на диаграммную ленту. Прибор готов к работе.

После окончания монтажа по выбранному варианту опоры и крепления датчика согласно рекомендаций на рис. 97 *а* и *б* следует проверить исправность линии связи, присоединить ее ко входу измерительного блока и приготовить блок к работе. Для этого включить питание и тумблер «сеть». Переключатель *S3* поставить в положение *M1*. У исправного измерительного блока слышен слабый писк работающего мультивибратора. На ленте КСП-4 должна записываться линия, соответствующая напряжению на имитаторе *R7*; при переключении *S3* в положение *M2* на ленте записывается отметка, соответствующая напряжению на имитаторе *R8*. Следует несколько раз повторить запись этих отметок и убедиться в устойчивых показаниях прибора в этом контрольном режиме. Переключив *S3* в положение «датчик» и установив среднюю линию записи в нужной части ленты (обычно посередине) резисторами *R5* и *R6*, а амплитуду записанной волны резистором *R9*, убедиться в устойчивой работе комплекта при подключенном датчике. На этом подготовка прибора к измерениям параметров волнения не заканчивается: необходимо еще отградуировать его. Эта операция нужна потому, что на шкале потенциометра и на его ленте отсутствуют числовые отметки, соответствующие значениям высот волн и их периодов. Статическая характеристика датчика волны и всей измерительной цепи практически линейна. Поэтому градуировка прибора сводится к определению масштаба, в котором записывается процесс волнения на ленте КСП-4, а это означает фактически определение масштабного коэффициента перевода показаний на сетке ленты в истинные высоты волн. Градуировку производят после ремонта или перевозки прибора из одного водоема в другой, после изменений в конструкции узла датчика, линии связи, ее длины и других изменениях в схеме. При постоянной эксплуатации градуировка проводится не реже раза в месяц. Она заключается в проведении эксперимента с датчиком при включенном измерительном блоке и регистраторе, при котором имитируется волна. Экспе-

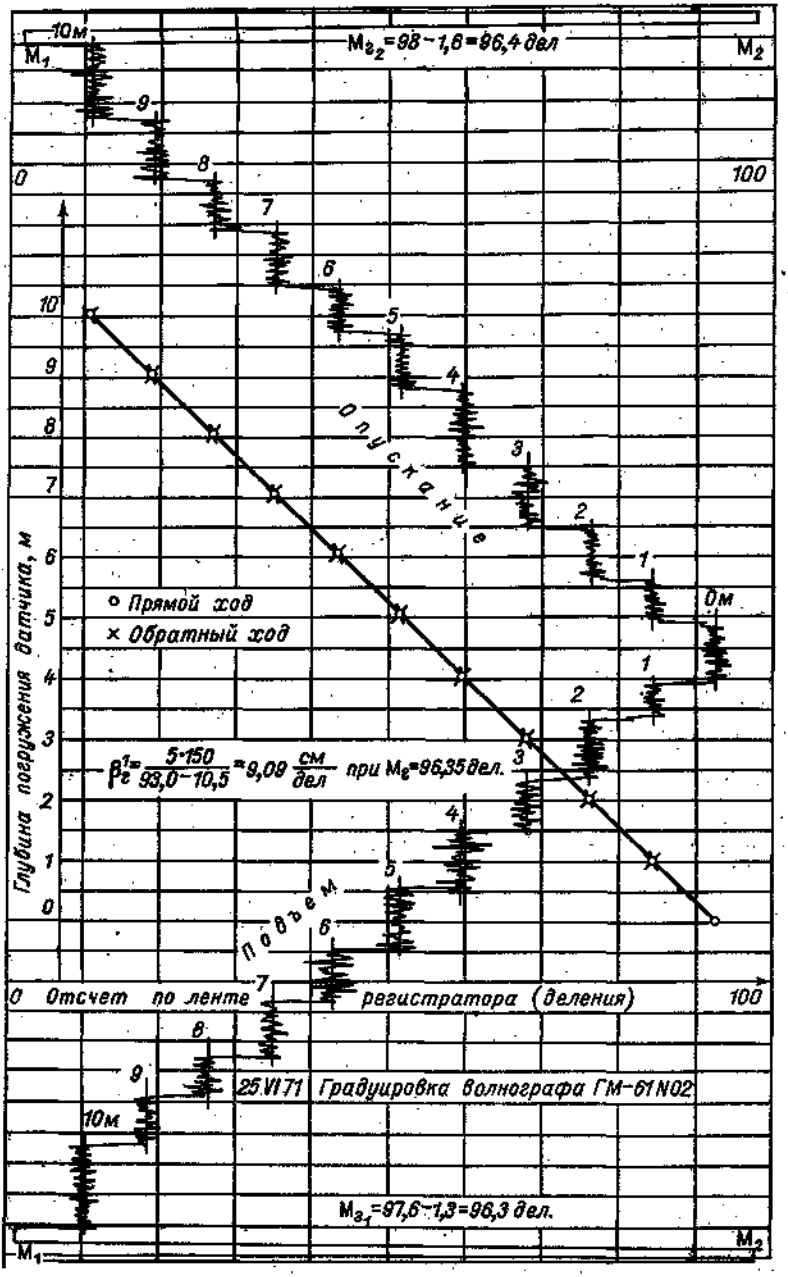


Рис. 98. График градуировки волнографа в море.

Для полученного графика $\beta_г^2 = \frac{10,00}{93,0-10,5} = 12,0$ см/дел.

римент выполняется двумя способами в лабораторных условиях, а также может быть выполнен на месте установки датчика.

Градуировка на месте установки датчика производится в следующем порядке. Сначала на ленте КСП-4 записываются отметки при положении переключателя *S3 M1* и *M2* — длиной примерно по 1 см каждая. В практике градуировки и измерений они называются «масштабными», так как сопротивления имитаторов *P7* и *P8* постоянны и, значит, расстояние между отметками *M1* и *M2* на ленте должно быть также постоянной величиной. В случае изменения этого расстояния в процессе градуировки или последующих измерений изменится и переводной масштабный коэффициент, что необходимо учитывать при обработке показаний прибора. Такие изменения могут произойти от нестабильности сетевого питания, характеристик элементов схемы, старения их. После записи масштабных отметок при скорости протяжки ленты КСП-4 600—900 мм/ч датчик с грузом погружают до максимальной его длины в воду ступенями через 1 м, выдерживая его на каждой ступени по 1—1,5 мин. Если волнение в месте установки датчика меньше 1,5 м по высоте, то время выдержки можно убавить. На каждой ступени заглубления датчика получают запись в виде волнистых отметок вдоль ленты (рис. 98), такую же операцию выполняют при подъеме датчика на всю его длину. В целом градуировку производят дважды для возможности усреднения результатов. Волнистые отметки на ленте подлежат усреднению проведением средних отметок на каждой из них. После окончания процесса ступенчатого опускания и подъема датчика на ленте повторяется запись масштабных отметок *M1* и *M2*. Точность такой градуировки во многом зависит от точности выдержки датчика на последовательных ступенях заглубления и подъема.

Первый лабораторный способ градуировки заключается в том, что датчик опускают и поднимают в вертикальную трубу высотой 10 м и заполненную водой из района установки датчика. Градуировка выполняется также ступенями через 1 м с выдержкой на каждой из них по 10—15 с дважды. Перед началом и в конце градуировки записываются отметки *M1* и *M2*. Все отметки при этом способе получаются в виде прямых отрезков.

Второй способ градуировки в лабораторных условиях наиболее прост. Для этого необходимо возможно точнее предварительно измерить сопротивление 1 м длины проволочного датчика. Например, сопротивление 1 м нихромовой проволоки марки Х20Н80 диаметром 0,4 мм равно 8,57 Ом. Далее, подключив ко входу измерительного блока (*Кл3* и *Кл4*) магазин сопротивлений и изменяя его сопротивление ступенями через

8,57 Ом или в пересчете на другую длину — через целое число омов, в результате получают такую же запись графика градуировки. При этом также записываются и масштабные отметки.

Результаты записи при градуировке любым из трех способов обрабатываются следующими приемами. По разности отсчетов на ленте у отметок находятся значения: $M_2 - M_1 = M_{г1,2}$ в начале и в конце, а по ним рассчитывается среднее значение расстояний между масштабными отметками $(M_{г1} + M_{г2})/2 = M_г$ (делений ленты). Далее на миллиметровке или прямо на ленте с записью градуировочных отметок строится график статической характеристики прибора. На продольной оси графика откладывается глубина в метрах (лучше — в масштабе 2 больших деления на 1 м). На поперечной оси графика наносятся точки, соответствующие записанным на ленте отметкам при градуировке. По точкам, полученным с усреднением по отметкам подъема и опускания датчика, проводится средняя линия. Она и является градуировочной статической характеристикой прибора. Постоянная прибора — переводной масштабный коэффициент β — есть отношение значения ординат в сантиметрах к значению абсцисс в делениях ленты. Размерность постоянной прибора — «см/деление ленты». Следует иметь в виду, что значение этого коэффициента действительно только для среднего значения $M_г$, полученного при градуировке, о чем упоминалось выше. На этом подготовка ГМ-61 к измерениям заканчивается.

Подготовленный к работе и проградуированный волнограф может быть включен для измерений на срок, ограниченный длиной ленты КСП-4.

19.4. Проведение измерений и обработка волнограмм. Ускоренная обработка. Машинная регистрация с применением АЦПР

Для измерения характеристик волнения скорость протяжки ленты КСП-4 следует установить такой, чтобы обеспечить необходимую точность отсчетов на ленте для обработки волнограмм: 18 000 мм/ч. Для решения большинства задач продолжительность записи равна 15—20 мин. Если амплитуда записи волн невелика, то ее можно вести на одном краю ленты с последующей перемоткой и повторением записи на другом краю в интересах экономии ленты. На ленте отмечаются номер волнограммы, дата, время, место и фамилия исполнителя. Включается питание комплекта; резистором *R5* выбирается середина записи при положении переключателя на измерительном пульте

«датчик». В положении *М1* и *М2* с выдержкой по 10—15 с делаются масштабные отметки. Для контроля скорости протяжки ленты включается секундомер и одновременно на ленте рядом с каким-либо упором для карандаша (например, у шкалы) делается отметка «00 с». Очередные отметки «100 с», «200 с», «300 с» и т. д. делаются по секундомеру для последующего определения средней скорости протяжки ленты за весь период измерения. В этом и заключается градуировка прибора по второму параметру измерения — для вычисления периодов записанных волн. После этого приступают к записи волнограммы; в конце записи вновь записываются масштабные отметки с помощью переключателя *В3*.

Обработка волнограммы состоит в заполнении «Таблицы волнографных наблюдений» (ТГМ-15М). Данные для ее заполнения берут из книжки наблюдений над волнением и с волнограмм. В таблице ТГМ-15М имеются также графы для высот и периодов волн, а также для ординат взволнованной поверхности моря; ординаты необходимы для введения их в ЭВМ с помощью перфоленты с целью получить спектральные и статистические характеристики волн.

Вначале по полученным отметкам времени на ленте определяют усредненную скорость протяжки ленты: $V = S/t$ см/с. Если на отдельных участках ленты скорость отличается более чем на 3 %, то следует пользоваться не средней скоростью, а скоростью на *данном* участке. При измерении параметров волнения на ленте записывались в начале и конце волнограммы масштабные отметки $M1_з$ и $M2_з$. Как и масштабные отметки, записанные при градуировке прибора — $M1_г$ и $M2_г$, они используются для контроля стабильности работы прибора: вычисляется среднее значение расстояния между отметками при записи («масштаб прибора») — $M_з = (M_{з2} - M_{з1})/2$. Выше было указано, что при изменении масштаба прибора $M_г$ пропорционально изменяется и постоянная прибора $\beta_г$. Это учитывается пропорцией $\beta_з/\beta_г = M_г/M_з$, откуда уточненная постоянная прибора $\beta_з = \beta_г M_г/M_з$ и используется для обработки волнограммы; ее также записывают в таблицу ТГМ-15М. На обрабатываемом участке волнограммы через середину группы мелких волн проводят среднюю волновую линию, как на рис. 99, и нумеруют волны, которые *трижды* последовательно пересекают ее. Записывают номер над вершиной каждой из волн. Вершины их находятся на стороне начала шкалы ленты. Отсчеты делений ленты между вершиной и подошвой волны записываются у ее склона. Через середины подошв волн параллельно поперечным линиям сетки ленты проводят тонкие выносные линии на общую продольную линию, на которой измеряют кратчайшие расстояния между подошвами. Истинные высоты волн получают

умножением отсчетов в делениях ленты на уточненный переводной коэффициент — постоянную прибора: $h = \text{отсч.} \cdot \beta_3$, записывая их в таблицу к соответствующим номерам волн. Периоды волн получают делением измеренных расстояний между вершинами на среднюю или точную на каждом участке ленты скорость протяжки $t = S/V$. При вычислении высот и периодов волн

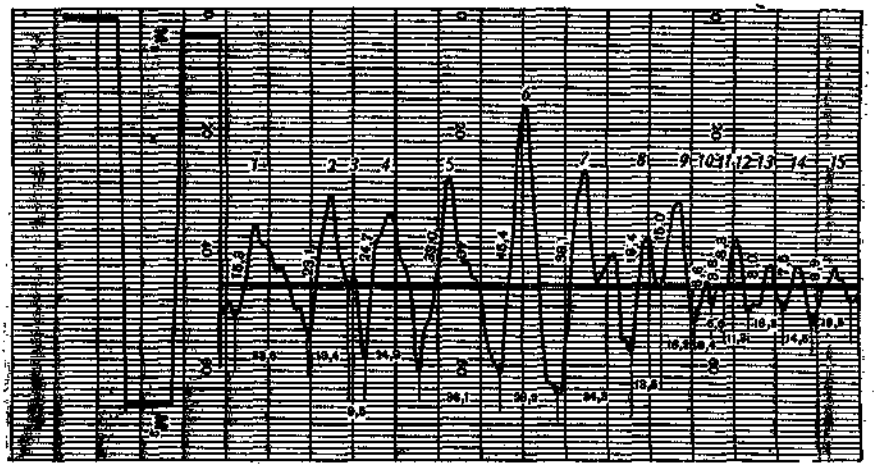


Рис. 99. Волнограмма. Образец записи и обработки.

целесообразно использовать готовые планшеты, номограммы или графики, которые легко рассчитать заранее.

В практике обработки волнограмм часто используют ускоренные способы вычисления средних высот и периодов волн и экстремальных значений этих величин. Для этого желательно записывать не менее 200 волн на волнограмме. Тогда из общего количества N записанных волн следует измерить n их наибольших высот — 5—10 % от числа N. Вычислив среднее значение $\bar{h}_i$ этих n высот, а также их обеспеченность $i = n/N$ %, среднее значение $\bar{h}$ всех волн *на глубокой воде* вычисляют по формуле $\bar{h} = \bar{h}_i/K$. Коэффициент K выбирается в зависимости от обеспеченности i:

i, %	3	5	7	10
K	2,38	2,22	2,12	2,02

Если измерения проводились на глубине, меньшей $^1/_2$ длины волны, то полученное значение $\bar{h}_i$ следует разделить на глубину моря H в месте записи волнограммы $\bar{h}_i/H$ и с нею войти в гра-

фик рис. 100 на ось ординат. По одной из кривых (*1*, *2*, *3*), соответствующей вычисленной ранее обеспеченности i, на оси абсцисс находят значение $\bar{h}/H$. Умножив это значение на глубину моря H, находят значение средней высоты $\bar{h}$ всех волн.

Средний период при этом способе обработки волнограмм получают делением общего времени записи на число всех волн $\bar{t}=T/N$.

В графах «ординаты» таблицы ТГМ-15М записываются выбранные мгновенные значения высот волн, используемые для вычисления спектрально-статистических характеристик волнения. Эти задачи могут рационально решаться с помощью ЭЦВМ. Для этого мгновенное положение каретки самописца как аналоговый сигнал преобразуется с помощью аналого-цифрового преобразователя (АЦПР) в цифровую форму информации о высоте волн с желаемой частотой — 1, 2, 4, 8, 16 Гц. Результаты преобразования кодируются двоично-восьмеричным кодом и наносятся на перфоленту одновременно с измерением. Для этого используется перфоратор ПЛ80/8; на его 5-дорожечную ленту наносятся также служебные символы, необходимые для ввода полученного массива информации в запоминающее устройство ЭЦВМ «Минск-32». Опрос кода может также производиться в произвольные моменты времени по желанию оператора. Диапазон цифровой регистрации составляет 512 десятеричных кодовых единиц с небольшим перекрытием всей шкалы самописца.

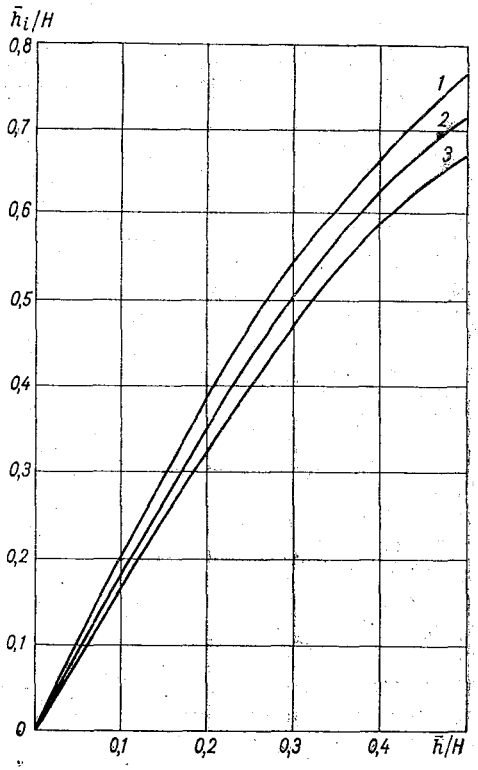


Рис. 100. График для ускоренной обработки волнограмм.

1) i=5 %; *2*) i=10 %; *3*) i=20 %.

При ручной обработке волнограмм все отсчеты на ленте регистратора делаются с точностью до 0,1 деления. Погрешность цифровой регистрации с помощью АЦПР не превышает

1 единицы младшего разряда кода. При этих условиях погрешность готовых результатов измерений соответствует погрешности прибора ГМ-61.

19.5. Устройство и принципиальная электрическая схема ГМ-62. Размещение прибора на судне

В комплект судового волнографа входят: электромеханическая лебедка для опускания и подъема датчиков и для связи их через токосъемник с измерительным блоком; измерительный блок для размещения электрических элементов измерительной схемы и органов управления ею; блок управления лебедкой для дистанционного выполнения операций подъема и опускания датчиков при градуировках и измерениях; потенциометр КСП-4 для регистрации показаний прибора; два комплекта датчиков и кабелей; подъемное устройство для вывода датчиков за форштевень судна, для автоматической остановки лебедки по окончании подъема и для предохранения датчика качки в поднятом положении; ЗИП и технические документы прибора. Схема установки комплекта на судне приведена на рис. 101.

Преобразователь гидростатического давления в электрическое сопротивление тензометрического элемента играет роль датчика качки. Важно отметить, что этот датчик реагирует только на степень его заглубления относительно *среднего* уровня моря и никак не реагирует на высоту волны, находящейся над ним при условии, что глубина его погружения превышает половину длины волн. Во время качки судна заглубление датчика изменяется именно относительно *среднего уровня* моря, что и используется в преобразовании в измерительной цепи прибора. Датчик качки (рис. 102) подвешивается на кабеле, проведенном через ролик подъемного устройства. Этот же кабель несет на себе и датчик волны прибора, смещенный по длине кабеля вверх с учетом заглубления датчика качки на 47—63 м. Ролик подъемного устройства является изолятором для датчика волны.

Гидростатическое давление у датчика качки воспринимается мембраной *2*; она своей стойкой *1* деформирует пластину *14* с наклеенным на ней мостовым тензометрическим элементом, который также изменяет свое поперечное сечение, а значит, электрическое сопротивление. Тензометрический мост питается постоянным током; напряжение с его измерительной диагонали через делитель подается непосредственно на вход КСП-4 параллельно с выпрямленным напряжением от датчика волны. Оба датчика имеют линейные статические характеристики. Однако при измерении волн большой длины для исключения

влияния волнения на показания прибора датчик качки приходится опускать на глубину более 43 м. При этом воздействующее на него гидростатическое давление верхних слоев воды является нерабочим: датчик качки при измерении перемещается по вертикали лишь в отрезке, соответствующем диапазону

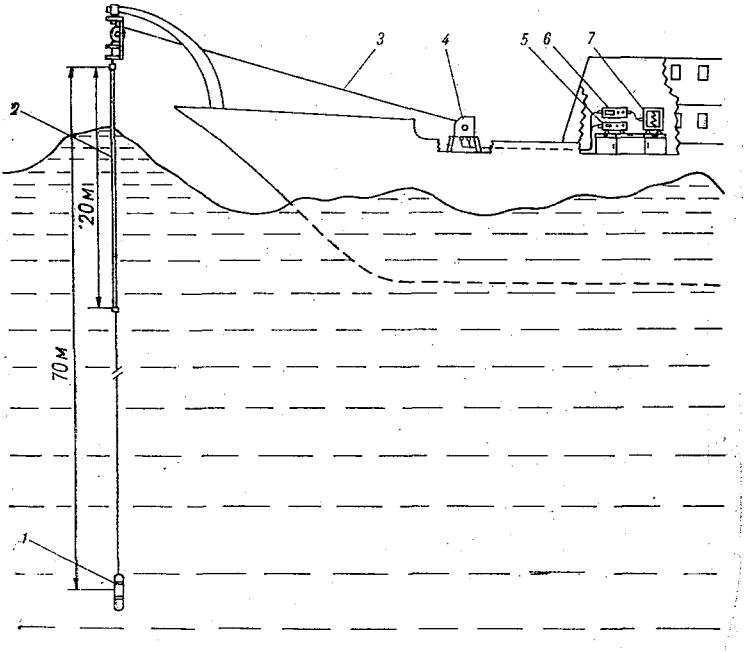


Рис. 101. Схема установки волнографа ГМ-62 на судне.

1 — датчик качки; *2* — датчик волны; *3* — кабель; *4* — лебедка; *5* — блок управления лебедкой; *6* — генератор; *7* — потенциометр.

высот волн — примерно 20 м. Получить линейную статическую характеристику датчика качки для всех глубин при его опускании и измерении характеристик волнения было бы очень трудно. Поэтому в действии датчика используется лишь рабочая часть статической характеристики при помощи специального компенсатора, исключающего воздействие на датчик гидростатического давления на верхних — нерабочих глубинах. При погружении датчика в верхние слои воды ее давление на мембрану снаружи компенсируется давлением воздуха в камере под мембраной, так как его объем сообщается отверстием с объемом воздуха в эластичной полусфере компенсатора *11*, на который снаружи действует то же гидростатическое давление, сжимая воздух в обоих объемах. Пока эластичная полусфера под наружным

давлением воды не будет полностью прижата к полусферическому дну корпуса *12*, вытеснив весь воздух в камеру под

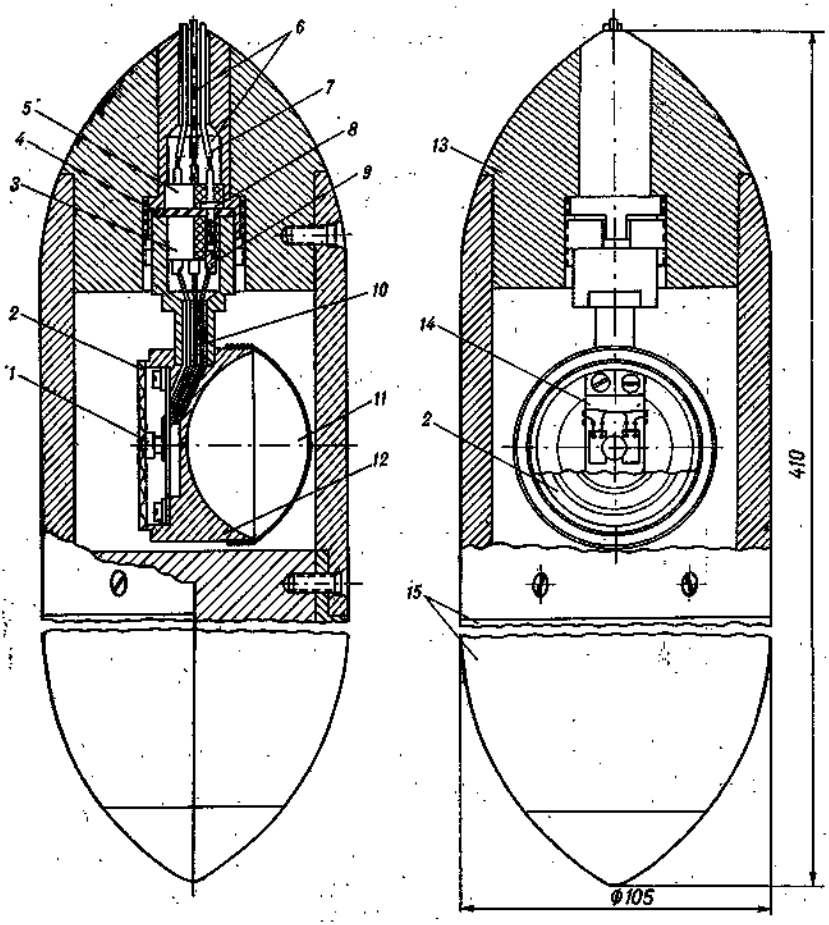


Рис. 102. Датчик качки волнографа ГМ-62.

1 — стойка мембраны; *2* — мембрана; *3* — розетка; *4* — резиновая прокладка; *5* — вилка разъема; *6* — заливка пастой УТ-31; *7* — провода; *8* — штыри; *9* — соединения; *10* — заливка эпоксидным компаундом; *11* — фторопластовая полусфера; *12* — дно корпуса; *13* — головка; *14* — пластина; *15* — нижняя головка обтекателя.

мембраной, последняя не начинает деформироваться: датчик не изменяет своего выходного напряжения. С дальнейшим заглублением датчика компенсации наружного гидростатического давления не происходит и мембрана с тензометром приходят в рабочий режим. Для производства измерений датчик заглуб-

ляется на *середину* рабочего участка глубины с расчетом получить показания в пределах диапазона измеряемых высот волн — до 20 м.

Подъемное устройство, несущее за форштевнем кабель с датчиками, вываливается за форштевень с помощью кран-балки или специальным кронштейном. Для удобства работы оно снабжено поворотным вертлюгом. На раме устройства смонтированы концевые выключатели, срабатывающие нажатием корпусом поднятого датчика качки и выключающие электродвигатель лебедки; для надежного предотвращения обрыва кабеля и датчика в момент его касания рамы на ней смонтировано два концевых выключателя, включенных в цепь последовательно.

Электромеханическая лебедка устанавливается на палубе судна так, чтобы ось ее барабана была перпендикулярна направлению на ролик подъемного устройства, а расстояние от него было не менее полудлины проволочного датчика волны (5—10 м). Электродвигатель лебедки трехфазный. Он управляется органами на пульте управления лебедки, а кроме того, на ней имеется пара кнопок аварийного выключения и концевой выключатель, укрепленный над рабочей поверхностью барабана. В зависимости от требуемого заглубления датчика качки выключатель перемещается по рейке так, чтобы он сработал от касания его кабелем, сбегающим со спиральной канавки барабана. Для подсчета количества оборотов барабана при определении заглубления датчика качки на барабане имеются магниты, а на неподвижной стенке — геркон*, соединенный с электромеханическим счетчиком оборотов в блоке управления лебедкой. Четыре проводника от датчика качки и один от датчика волны связаны с ртутными контактами токосъемника, который соединен с измерительным блоком.

Потенциометр КСП-4 и оба блока — управления лебедкой и измерительный — устанавливаются в судовой лаборатории. Потенциометр следует ориентировать так, чтобы ход каретки с указателем был бы параллелен диаметральной плоскости судна — во избежание динамических погрешностей регистрации от бортовой качки. Для защиты от наводок другой аппаратурой измерительный блок с токосъемником лебедки следует соединять стационарно проложенным экранированным кабелем. Трехфазный электродвигатель лебедки питается через блок управления от сети с помощью переключателя, схемы реверса и схемы защиты от перегрузок. На пульте блока имеется электромеханический счетчик оборотов барабана лебедки,

* Герметизированный магнитоуправляемый контакт.

срабатывающий от замыкания контактов геркона; лампы, сигнализирующие о наличии напряжения питания, о стороне вращения барабана лебедки; кнопки для пуска и остановки двигателя. Концевые выключатели для остановки двигателя имеются на лебедке и приспособлении для подъема и опускания датчиков на выстреле за форштевнем судна.

Принципиальная схема измерительного блока (рис. 103) состоит из двух частей. Верхняя часть на схеме в принципе аналогична схеме прибрежного волнографа ГМ-61. Дополнительно имеется лишь контрольный измеритель *P* напряжения питания в схеме. *R15* — регулятор установки середины записи на ленте. На нижней части схемы тумблер *S2* — для включения питания датчика качки *B2*. Диоды *VD5—VD8* — выпрямитель со стабилитроном *VD11; R3, C3* и *C4* — фильтр. *R4* — регулятор напряжения питания датчика качки. Резистор *R5* — для установки середины записи на ленте при использовании датчика качки *B2*, который состоит из тензометрических элементов *R9—R11*. Оба датчика — *B1* и *B2* — подключены ко входу *X2, X3* регистратора КСП-4.

19.6. Подготовка к работе и градуировка датчиков судового волнографа ГМ-62

Подготовка прибора к работе заключается в проверке работоспособности отдельных блоков и узлов, в градуировке датчиков и расчете постоянной прибора для перевода его показаний в значение высот волн.

Для проверки работоспособности необходимо выполнить следующее. Включить сетевое питание измерительного блока и регистратора. На задней стороне измерительного блока выключить тумблер *S5* питания датчика качки. На предполагаемом диапазоне измерений, установленном переключателем «10—20», прослушать характерный писк мультивибратора. После 2—3-минутного прогрева КСП-4 включить лентопротяжный механизм и записать несколько раз масштабные отметки *M1* и *M2*. Измерительная цепь датчика волны работает нормально, если отметки получаются одинаковыми. Для проверки цепи и исправности датчика качки необходимо включить ее, поставить переключатель имитаторов в положение *M1*, тумблеры в положение «10 В», а ручкой «Рег. 10 В» выставить по указателю на пульте напряжение на уровне $^2/_3$ шкалы. Регулятором *R5* «уровень записи» установить среднее на ленте КСП-4 положение пера и нажатием на мембрану датчика качки убедиться в исправности его: при нажатии на мембрану перо КСП-4 должно отклоняться вправо. Проверку лебедки

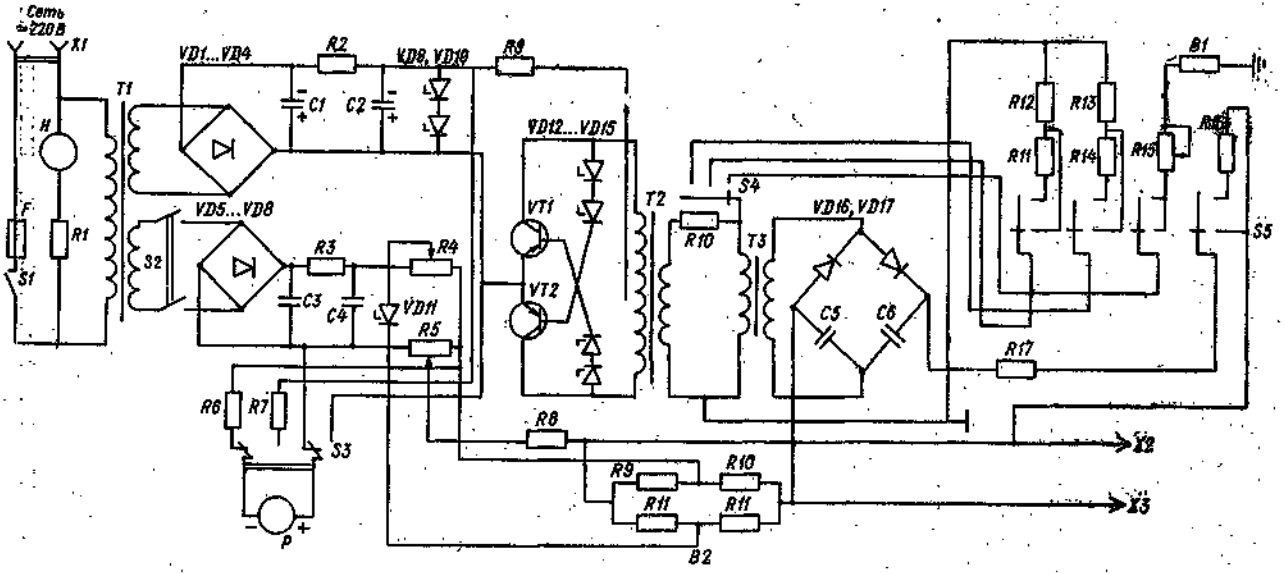


Рис. 103. Принципиальная электрическая схема измерительного блока ГМ-62.

произвести при повернутой на палубу кран-балке. Для этого следует включить питание блока управления: при этом загорается индикаторная лампа на панели блока. В положении переключателя «спуск» нажать кнопку «пуск». Лебедка должна опускать датчик с кабелем. Второй оператор, убедившись в работоспособности лебедки, нажимает кнопку «стоп спуска». Такую же операцию следует повторить в режиме «подъем». Аналогично проверяется исправность концевого выключателя на лебедке, концевых выключателей на подъемном устройстве и действие кнопки «стоп» на пульте блока управления. Проверяется действие сигнальных лампочек разрешения спуска и подъема в соответствующих режимах.

Для измерения волн длиной не более 100 м глубина погружения датчика качки ограничивается 50 м. В этих случаях можно ограничить в объеме компенсатор, раскрутив капроновую нить, которой он укреплен, и подсунув спичку под его край, стравить часть воздуха. После этого необходимо прочно замотать нить вокруг оболочки на корпусе. Далее следует ввести датчик в подъемное устройство, проверив надежное срабатывание концевых выключателей, завалить кран-балку за борт, обеспечивая правильное положение ролика и кабеля. После этого можно провести пробное опускание датчиков. При этом надо включить питание обоих датчиков, поставить диапазон измерения 10 м, включить масштабную отметку «*М1*», установить напряжение на датчике качки по индикатору на $^2/_3$ части шкалы, скорость протяжки — 720 мм/ч, «уровень записи» — на 3—5 делений ленты, сбросить счетчик оборотов на «0», переключить режим лебедки на «спуск» и начать опускание датчика. По счетчику оборотов (одна единица на счетчике соответствует одному полуобороту барабана или 0,75 м длины кабеля) заметить момент касания датчиком качки поверхности воды, а также момент срабатывания компенсатора: начало работы датчика совпадает с моментом начала отклонения пера самописца КСП-4. В этот же момент поверхности воды должен достичь нижний конец проволочного датчика волны. Если этого не происходит, надо переместить его в нужную сторону по кабелю. Для установки датчиков на рабочую глубину их надо опустить еще на половину диапазона измеряемых высот волн — практически еще на 10—15 полуоборотов барабана. После этого концевой выключатель на лебедке устанавливается так, чтобы его рычаг нажимал на кабель датчика: при повторном опускании рабочее положение датчиков по глубине концевой выключатель обеспечит автоматически. Замеченные отсчеты на счетчике для высоты подъемного устройства, глубины срабатывания компенсатора и рабочей глубины датчиков записать в журнал по эксплуатации прибора.

При работе с кабелем длиной 60 м компенсатор должен срабатывать на 37—43 м, а рабочее положение датчика качки — на глубине 47—53 м. При работе с кабелем длиной 100 м срабатывание компенсатора должно быть на глубине 57—63 м, а рабочее положение датчика — на 67—73 м. При подъеме датчиков рекомендуется подслеживать момент вхождения датчика качки в подъемное устройство, чтобы остановить аварийно лебедку в случае отказа концевых выключателей.

Необходимость в градуировке, условия и принципиальная методика ее проведения для судового волнографа одинаковы с волнографом ГМ-61. Градуировка датчика волны прибора по порядку проведения и оформления на ленте с построением графика статической характеристики ничем не отличается от градуировки датчика ГМ-61. Процесс градуировки облегчается использованием лебедки и электромеханического счетчика полуоборотов.

Градуировка датчика качки должна проводиться также раздельно от датчика волны. Для этого достаточно иметь от схемы датчика волны *постоянный* сигнал; это достигается включением его имитатора в режиме «*М1*» или «*М2*». Рабочая градуировочная характеристика датчика качки должна соответствовать рабочей глубине при измерениях, а глубина срабатывания компенсатора не должна изменяться после градуировки более чем на 3—5 м; это достигается регулировкой его объема. Перед градуировкой указатель напряжения переключается для измерения «10 В», включается питание датчика качки; для диапазона 10 м по указателю выставляется 130 делений, а для диапазона 20 м — 65 делений. «Уровень записи» выставляется на 3—5-м делении ленты. Для опускания датчика ступенями по счетчику полуоборотов используется лебедка. До глубины срабатывания компенсатора показание регистратора не изменяется. С момента срабатывания компенсатора начинается ступенчатое опускание датчика через каждый полуоборот барабана по всему диапазону — 10 или 20 м, затем подъем до начального рабочего уровня; процесс градуировки повторяется два раза. Масштабные отметки не записываются: вместо них для датчика качки отмечается напряжение его питания, выставленное по указателю в делениях шкалы — $U_{г}^{дк}$. По результатам градуировки, как и для датчика волны, строится статическая характеристика датчика качки и вычисляется постоянная $\beta_{г}^{дк}$ при выставленном напряжении его питания $U_{г}^{дк}$ делений шкалы.

Описанный ранее принцип компенсации качки при измерении параметров волнения с судна справедлив лишь при условии, что статические характеристики обоих датчиков имеют

одинаковый характер, датчики имеют одинаковую чувствительность, т. е. постоянные β обоих датчиков равны: $\beta^{дв} = \beta^{дк}$. Однако полученная постоянная $\beta_г^{дв}$ датчика волны при градуировке при записанном $M_г^{дв}$ может отличаться от полученной постоянной $\beta_г^{дк}$ датчика качки при его градуировке и при напряжении его питания $U_г^{дк}$. Кроме того, после градуировки может измениться $M_г$. Чтобы можно было воспользоваться прибором в этих условиях, постоянные $\beta^{дв}$ и $\beta^{дк}$ приравнивают за счет изменения напряжения питания датчика качки перед производством измерений параметров волн. Для этого перед началом измерений, не включая питания датчика качки, на регистраторе отмечают масштабные отметки $M1_з^{дв}$ и $M2_з^{дв}$, вычисляют постоянную записи $M_з^{дв}$; из графиков градуировок находят постоянную датчика качки $\beta_г^{дк}$, постоянную датчика волны $\beta_г^{дв}$, напряжение питания датчика качки при градуировке $U_г^{дк}$, постоянную записи $M_г^{дв}$ датчика волны при градуировке и вычисляют новое напряжение питания датчика качки, которое требуется выставить по индикатору непосредственно перед измерениями:

$$U_з^{дк} = \frac{\beta_г^{дк}}{\beta_г^{дв}} U_г^{дк} \frac{M_з^{дв}}{M_г^{дв}} \text{ (делений шкалы).}$$

После выполнения этой операции у прибора будет один общий для датчиков коэффициент — постоянная прибора $\beta_з$, которой следует пользоваться при обработке волнограмм обычным порядком. Однако при дрейфе судна линия кабеля с датчиками отклоняется от вертикали на некоторый угол α. Из-за этого проволочный датчик волны несколько завышает показания. Для компенсации этого влияния дрейфа увеличивают расчетное напряжение $U_з^{дк}$ поправочным коэффициентом K из таблицы:

α°	1	5	10	15	20	25	30	35	40
K	0	1,004	1,015	1,035	1,064	1,103	1,155	1,221	1,305

Таким образом, для условий дрейфа напряжение питания датчика качки при измерении должно быть $U_{з\,др}^{дк} = KU_з^{дк}$. Постоянную прибора для условий дрейфа следует уточнить по формуле $\beta_{з\,др} = \beta_з/K$ и пользоваться ею при обработке волнограмм.

19.7. Производство измерений судовым волнографом ГМ-62. Обработка волнограмм

Производство измерений параметров волнения можно начинать после выполнения операций по подготовке прибора, градуировки датчиков, расчета постоянной прибора $\beta_з$ с учетом условий дрейфа.

Измерения проводятся в следующем порядке. Датчики опускаются на рабочую глубину; измеряется угол наклона кабеля от дрейфа. Включаются измерительный блок и регистратор КСП-4. После 2—3-минутного прогрева прибора включается протяжка ленты на скорости 1800 мм/ч. Питание датчика *качки* остается *выключенным*. Включаются последовательно и записываются масштабные отметки «*М1*» и «*М2*», определяется постоянная записи $M_{1з}$. Вычисляется значение напряжения питания датчика качки $U^{дк}_{з\,др}$ при записи с учетом дрейфа. Включается питание датчика качки и вычисленное значение $U^{дк}_{з\,др}$ выставляется по индикатору. Измерительный блок переключается в режим «датчик», «нуль записи» выставляется примерно на середину ленты, включается скорость протяжки ленты 18 000 мм/ч и делается отметка времени начала записи по секундомеру. В процессе записи скорость протяжки проверяется. В конце записи отмечается время по секундомеру. Для контроля стабильности работы прибора следует записать масштабные отметки «*М1*», «*М2*» и заметить, не изменилось ли напряжение питания по индикатору, а в случае изменения его необходимо корректировать в процессе записи. По окончании измерений выключается протяжка ленты. Датчики поднимаются в исходное положение. На ленте записываются дата, время начала записи, напряжение $U^{дк}_{з\,др}$ и постоянная $\beta_{з\,др}$.

Обработка волнограммы ГМ-62 отличается от обработки волнограммы ГМ-61 лишь тем, что для перевода значений высот волн в делениях ленты в истинные высоты волн используется постоянная прибора $\beta_{з\,др}$ с учетом условий дрейфа.

19.8. Регламентные работы. Характерные неисправности и их устранение

Профилактические работы проводятся с целью предотвратить отказы приборов и возникновение дополнительных погрешностей во время эксплуатации. Основное внимание уделяется сохранности датчика качки и чистоте проволочного датчика, который следует протирать смоченной в бензине ватой во

избежание налипания жирной или нефтяной пленки. Наименее надежны в эксплуатации механические узлы регистратора КСП-4, лебедки и группы релейных контактов в блоке управления ГМ-62. Поэтому уход за этими узлами следует выполнять с особой тщательностью. Могут иметь место замыкания на землю линий связи ГМ-61, срывы генерации мультивибраторов из-за нестабильности питания, короткие замыкания из-за негерметичности датчика качки, обрыв проволочного датчика. У волнографа ГМ-61 необходимо проверять состояние опор и крепление датчика. У регистратора КСП-4 в случае надобности успокоение хода каретки выполняется регуляторами: сначала оба регулятора поворачивают по часовой стрелке до упора, затем регулятор обратной связи поворачивают обратно до упора и постепенно вводят обратную связь снова. При этом каретка уменьшает амплитуду колебаний и увеличивает их частоту; если амплитуда колебаний слишком велика, регулируют ее поворотом регулятора чувствительности. Последовательным регулированием обоими регуляторами следует добиться такой настройки, когда с подачей входного скачкообразного сигнала каретка реагирует на него перемещением по шкале и дополнительными одним-двумя полуколебаниями с выбросом на 1 % длины шкалы. Реохорды КСП-4 чистят щеткой из ЗИП, смоченной в бензине марки «А-70». Раз в полгода смазывают смазкой «ЦИАТИМ-221» открытые подвижные и поворотные детали регистратора; раз в 3 месяца — оси редуктора механизма протяжки ленты, а маслом МВП — редукторы реверсивного и синхронного двигателей. При отказах КСП-4 следует проверять предохранитель и, если он перегорает, обязательно выяснить, в каком узле имеется перегрузка. При нечеткой или прерывистой записи надо осмотреть узел чернильницы. С уменьшением чувствительности провести регулировку усилителя, как описано выше. При срыве каретки за шкалу вероятен обрыв в измерительной схеме или короткое замыкание. Некоторые неполадки при протяжке ленты устраняются внимательным осмотром узла барабана и регулировкой.

При зашкаливании пера КСП-4 у прибрежного волнографа ГМ-61 также вероятны обрыв в измерительной цепи или короткое замыкание, чаще в линии связи. Для проверки этого факта следует ко входу измерительного блока подключить вместо линии связи магазин сопротивлений. Такой же прием годится и для проверки регистратора прибора ГМ-62. В случае «молчания» звукового генератора следует проверить напряжение питания электронной схемы приборов. При зашкаливании пера КСП-4 рывками во время записи вероятен периодический выход проволочного датчика из воды, а в случае ступенчатой записи — его загрязнение. Если негерметичны полости под мембраной

и компенсатором датчика качки ГМ-62, то имеет место плавное смещение уровня записи, а при попадании воды в полость — последующее перемещение пера рывками. Во всех этих случаях запись прекращается: необходим ремонт или регулировка датчиков.

Вопросы и задания

1. Пояснить принцип действия измерительной цепи волнографа ГМ-61.
2. В чем заключается принцип действия датчика качки волнографа ГМ-62?
3. В чем заключается принцип действия компенсатора датчика качки?
4. Какими по форме напряжениями питаются датчики в приборе ГМ-62?
5. Для чего в начале и в конце измерений волнографами на ленте отмечаются масштабные отметки *М1* и *М2*?
6. Каким способом переводятся значения высот на ленте в истинные?
7. Для чего у прибора ГМ-62 выставляется отдельно напряжение питания датчика качки при градуировке и при записи?
8. Как вычисляется постоянная прибора ГМ-62?
9. Как влияют и учитываются при обработке волнограмм условия дрейфа для прибора ГМ-62?

Глава 20
ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЙ ИЗМЕРИТЕЛЬ ХАРАКТЕРИСТИК ТЕЧЕНИЙ ГМ-15М (ЭМИТ)

20.1. Назначение, принцип действия, устройство и монтаж измерителя течений ГМ-15М

Электромагнитный измеритель характеристик течений ГМ-15М предназначен для определения скорости и направления течения в поверхностном слое моря на ходу судна.

Из закона Фарадея известно, что в отрезке прямого проводника, пересекающем магнитные силовые линии, возникает электродвижущая сила e, пропорциональная скорости v движения проводника, напряженности H магнитного поля и длине l проводника: $e = lvH$. Этот эффект используется в измерителе ГМ-15М: в отрезке кабеля — «базе» с электродами, буксируемой за судном и перемещающейся вместе с ним течением в магнитном поле Земли, индуцируется ЭДС. Она пропорциональна скорости течения, напряженности магнитного поля Земли и длине «базы». При постоянном значении H напряженности магнитного поля Земли в данном районе и длине «базы» L о скорости течения v можно судить по значению измеренной

ЭДС E: $v = kE/(LH)$, где k — коэффициент, зависящий от размерности E, H и L.

В буксируемом на течении $\bar{V}_т$ (рис. 104) отрезке кабеля между электродами $а$ и $б$ индуцируется ЭДС e'. Однако морская вода, являясь раствором электролитов, сама представляет

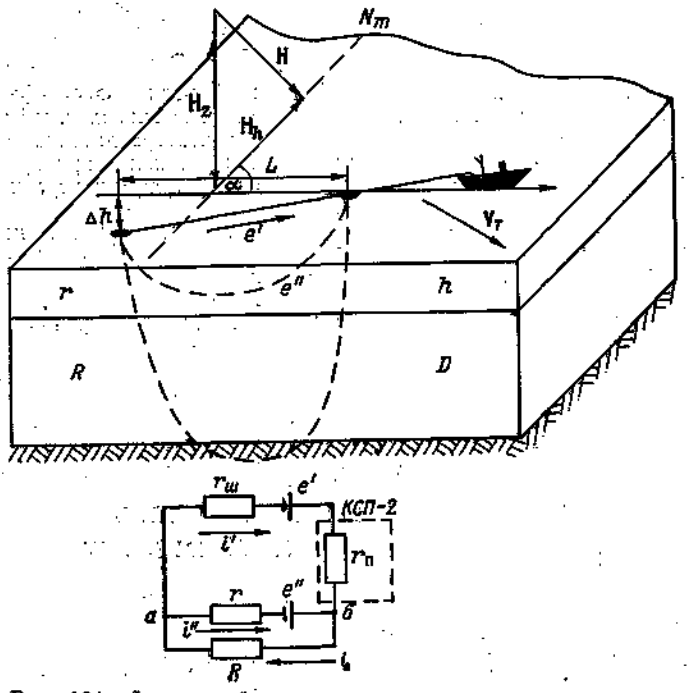


Рис. 104. Физический принцип измерения характеристик течения с помощью ГМ-15М.

собой ионный проводник тока. Поэтому в перемещающемся течением слое воды как в проводнике также индуцируется одинаковая с e' ЭДС, а именно — e'' того же направления.

Реальные условия использования ЭМИТа таковы, что под перемещающимся течением слоем h находится неподвижный слой воды D и грунт, которые в разной степени также проводят электрический ток. В результате образуется электрический контур: электрод $а$ — шлейф $r_ш$ с источником ЭДС e' — регистратор (КСП-2) с входным сопротивлением $r_п$ — электрод $б$ — подвижный слой h с сопротивлением r и источником ЭДС e'' — электрод $а$. Параллельно этому контуру оказывается подключенной ветвь неподвижного слоя воды и грунта D с сопротивлением R. Сопротивления r и R приблизительно обратно

пропорциональны глубинам слоев h и D: $R/r \approx h/D$, а сами соотношения глубин h и D и сопротивлений r и R в местах, где используется ЭМИТ, различные. При измерениях за счет этого получается перераспределение токов i, i'', а значит и тока i' в регистраторе КСП-2. В результате этого получается погрешность метода в показаниях прибора. Для учета этой погрешности показания регистратора-потенциометра необходимо умножать на поправочный коэффициент $K=1+(h/D)$, который определяется опытным путем. Он может изменяться в зависимости от вертикального распределения скоростей течения, электропроводности воды и свойств грунта. Точные значения коэффициента K являются предметом дальнейших исследований. Для глубины моря более 100 м $K \approx 1{,}1$.

Направление течения определяется после измерения двух составляющих скорости течения на двух курсах и построения полного вектора течения.

Рис. 105. Электромагнитный измеритель течений ГМ-15М.

Основные технические характеристики ЭМИТа следующие. Питание прибора — от сети переменного тока напряжением 220 В, 50 Гц. Потребляемая мощность (регистратора) — 40 Вт. Длина несущего кабеля с контактными электродами — 415 м. Общая масса комплекта — 64 кг. Пределы измеряемых параметров и допускаемая основная погрешность прибора не указываются, так как сильно зависят от магнитной широты места наблюдения, глубины, солености и качества контактных электродов.

В состав прибора входят: автоматический электронный потенциометр КСП-2 (отличается от КСП-4 меньшими габаритами, шириной ленты и скоростью протяжки), комплект неполяризующихся электродов, пульт управления и контроля, 2-жильный кабельный шлейф и кабельная лебедка (рис. 105).

ЭМИТ ранней модификации (ГМ-15) отличается тем, что в его комплект входит потенциометр ПС-1-01, одноякорный преобразователь напряжения ПО-120-Ф и автотрансформатор. Кроме того, отличаются по конструкции электроды. В последующей модификации уменьшены габариты пульта управления и контроля, он выполнен не навесным, а настольным, проще по конструкции.

Каждый из электродов представляет собой цилиндрический патрон из оргстекла с отверстиями для сообщения внутренней полости с морской водой. Одним основанием патрона является наконечник с герметическим разъемом для контакта с жилой кабеля. Внутри патрона вдоль его оси расположена рабочая часть электрода — контактная лента из серебряной фольги, одним концом присоединенная к контакту водонепроницаемого наконечника. Поверхность контактной ленты окружена плотной набивой из пасты хлористого серебра, которая от размывания предохраняется еще слоем стеклянной ваты, пропитанной насыщенным раствором хлористого калия. Такое устройство электрода потребовалось для снижения контактного электрохимического потенциала — собственной ЭДС электрода, погруженного в морскую воду. В нерабочем состоянии электроды хранятся отдельно в закрывающихся пластмассовых стаканах, наполненных морской водой, чтобы содержимое патронов не высыхало. На одном конце каждой из двух скрученных между собой жил кабельного шлейфа имеется разъем, геометрически соединяющийся с контактным наконечником электрода. Одна из жил кабеля короче другой так, что расстояние между электродами («база») равно 100 м. Второй конец каждой из жил кабеля заканчивается разъемом на оси кабельной лебедки.

Лебедка — ручная, с храповым стопорным колесом и тормозом. Кабельный шлейф с присоединенными на концах его жил электродами «базы» травится за борт на полную длину на ходу судна.

На принципиальной схеме прибора ГМ-15М (рис. 106) показаны следующие элементы: *S2* — тумблер включения сухого элемента ЭДС — «*G*». *R1—R5* — делитель-регулятор напряжения для установки «нуля». Тумблер *S1* «Измерение» для подключения ко входу потенциометра—регистратора «*P*» типа КСП-2. Электроды *S3, S4* подключаются параллельно элементу ЭДС *G* также ко входу регистратора КСП-2 с помощью кабельного шлейфа через разъемы *X2, X1* у лебедки и у пульта управления.

Кабельная лебедка устанавливается в кормовой части судна на палубе или надстройке так, чтобы было возможно, не повреждая электроды и шлейф, травить их за борт и выбирать на ходу судна. После вытравливания шлейфа с помощью

разъема лебедки к ней присоединяется экранированный 2-жильный кабель, соединенный со входом *X1* блока управления; этот кабель лучше проводить стационарно в трубе, заземленной на

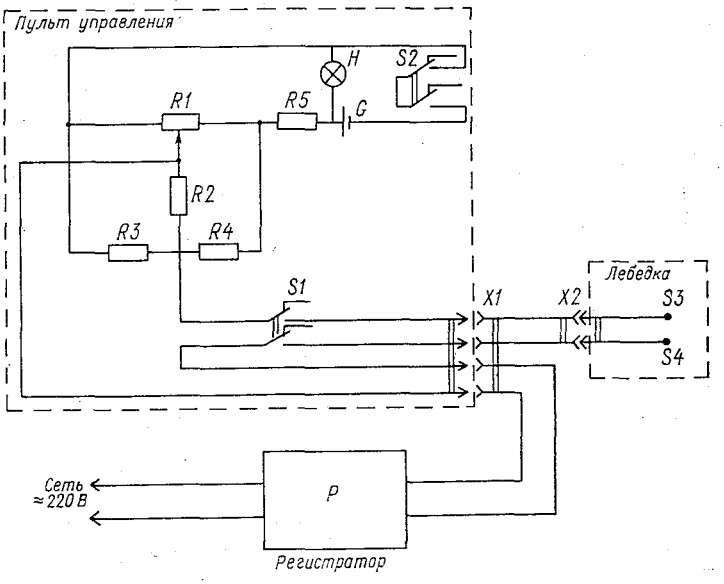


Рис. 106. Принципиальная электрическая схема измерителя течений ГМ-15М.

контур судна. Блок управления располагается в лаборатории вместе с регистратором КСП-2; оба также заземляются.

20.2. Электромагнитный метод измерения характеристик течения

Электромагнитный метод измерения характеристик течения рассмотрим на рис. 107. Судно буксирует со скоростью $\mathbf{V}_{к1}$ кабельный шлейф с базой *а—б* между электродами сначала по курсу K_1. В данном районе действуют вертикальная составляющая $\mathbf{H}_z$ магнитного поля Земли и течение, обозначенное вектором $\mathbf{V}_т$, который условно разложен на две составляющие — $\mathbf{V}_{тк1}$ — по курсу судна K_1 и $\mathbf{V}_{с1}$ —перпендикулярно ему. Фактически по правилу сложения векторов судно перемещается относительно дна моря не по курсу K_1, а с учетом течения по *пути* $\mathbf{V}_{п1}$:

$$\mathbf{V}_{п1} = \mathbf{V}_{к1} + \mathbf{V}_т.$$

Для определения скорости и направления течения ЭМИТом можно воспользоваться известным из курса физики «правилом правой руки»: если вытянуть пальцы правой руки вдоль кабельного шлейфа **L** в направлении курса K_1 судна, т. е. в на-

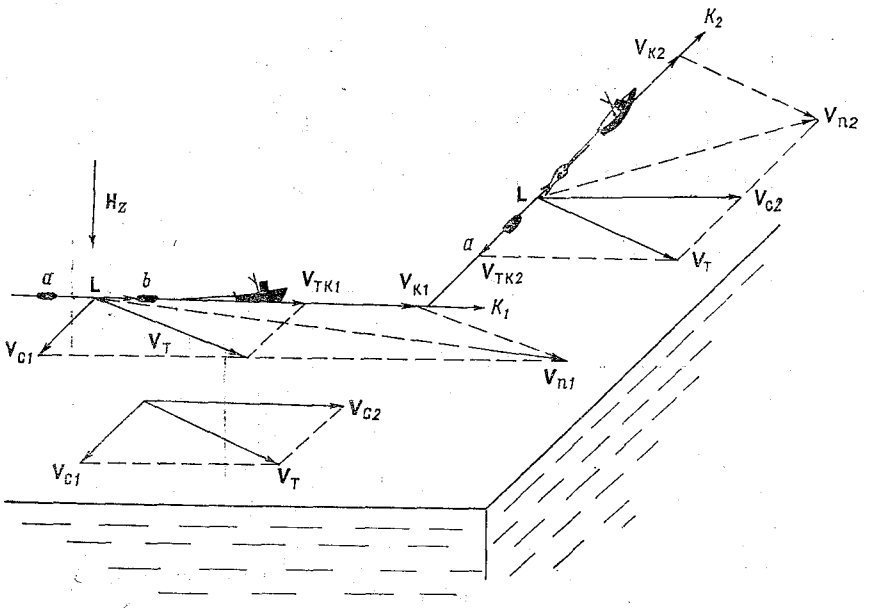


Рис. 107. Электромагнитный метод измерения характеристик течений.

правлении индуцированной в нем ЭДС **E**, ладонью вниз в северном магнитном полушарии (вверх — в южном), так, чтобы магнитные силовые линии вертикальной составляющей магнитного поля Земли входили в ладонь, то отогнутый под прямым углом большой палец покажет направление перемещения судна и шлейфа с электродами *а* и *б* — по *нормальной к курсу* K_1 *первой составляющей* $\mathbf{V}_{с1}$ *течения* $\mathbf{V}_т$. Важно отметить, что вторая составляющая $\mathbf{V}_{тк1}$, направленная по курсу K_1 судна, при этом остается неизвестной, поэтому остается неопределенным и полный вектор течения $\mathbf{V}_т$. Для определения второй составляющей $\mathbf{V}_{тк1}$ судну достаточно повернуть на 90° — лечь на курс K_2 и проследовать им до полного спрямления шлейфа. На новом курсе с помощью того же «правила правой руки» определяется вторая составляющая $\mathbf{V}_{с2}$ течения $\mathbf{V}_т$ — также *нормальная* к курсу судна K_2. Составляющие $\mathbf{V}_{тк1}$ *и* $\mathbf{V}_{с2}$, а также $\mathbf{V}_{тк2}$ и $\mathbf{V}_{с1}$ попарно одинаковы, так как на новом курсе

меняются ролями. Теперь для определения полного вектора течения $\mathbf{V}_т$ достаточно сложить два вектора его составляющих:

$$\mathbf{V}_т = \mathbf{V}_{c1} + \mathbf{V}_{c2}.$$

Практически курсы судна задаются заранее и поддерживаются по компасу. Длина шлейфа между электродами постоянна: $L = 100$ м. Вертикальная составляющая магнитного поля Земли $\mathbf{H}_z$ определяется по магнитным картам и приведена в приложении 4 «Руководства по гидрологическим работам в океанах и морях» (Гидрометеоиздат, 1977 г.). Индуцируемые в шлейфе ЭДС — E_1 на курсе K_1 и E_2 на курсе K_2 — измеряются потенциометром-регистратором КСП-2. По этим величинам рассчитываются модули поперечных составляющих вектора течения — $\mathbf{V}_{c1}$ на курсе K_1 и $\mathbf{V}_{c2}$ на курсе K_2:

$$V_{c1} = \frac{E_1}{H_z L}; \quad V_{c2} = \frac{E_2}{H_z L}.$$

Другой способ использования ЭМИТа — буксировка электродов в кабельном шлейфе не в кильватере, а раздельно — с помощью двух выстрелов около 10 м длиной, заваленных за оба борта. Полученная при этом «поперечная база» будет *перпендикулярной* к курсу судна. Поэтому в ней будет индуцироваться ЭДС, пропорциональная скорости судна по курсу и *продольной* составляющей $\mathbf{V}_{тк1}$ скорости течения $\mathbf{V}_т$. Пройдя по курсу K_1 *на двух скоростях* — $V'_{к1}$ и $V''_{к1}$ — судна и измерив при этом составляющие ЭДС E'_1 и E''_1, можно получить модуль *продольного* компонента $\mathbf{V}_{тк1}$ скорости течения $\mathbf{V}_т$, не зная составляющих магнитного поля Земли $\mathbf{H}$:

$$V_{тк1} = \frac{E''_1 V'_{к1} - E'_1 V''_{к1}}{E'_1 + E''_1}.$$

Аналогично поступив на втором курсе K_2 и получив две составляющих — E'_2 и E''_1 при скоростях судна $V'_{к2}$ и $V''_{к2}$, можно вычислить и модуль второго компонента $\mathbf{V}_{тк2}$ скорости течения $\mathbf{V}_т$:

$$V_{тк2} = \frac{E''_2 V'_{к2} - E''_2 V''_{к2}}{E'_2 + E''_2}.$$

Полный вектор течения $\mathbf{V}_т$ определяется в масштабе сложением обоих компонентов:

$$\mathbf{V}_т = \mathbf{V}_{тк1} + \mathbf{V}_{тк2}.$$

При этом не требуется знать и значение ЭДС в милливольтах: E'_1, E''_1, E'_2 и E''_2 отсчитываются прямо в делениях ленты регистратора.

Третий способ использования ЭМИТа — буксировка одновременно двух вариантов — шлейфа с двумя электродами в кильватере и раздельно двух электродов с помощью выстрелов — еще выгоднее: он дает возможность уже на одном курсе получить и поперечную, и продольную составляющие вектора течения по изложенным здесь методикам.

Следует иметь в виду, что при использовании ЭМИТа с поперечной базой требуется возможно более точное определение скорости судна с помощью навигационных средств, например по лагу.

Более детальное рассмотрение измерительной цепи ЭМИТа показывает, что ей присуще несколько *важных особенностей*, без учета которых использование его становится неудовлетворительным или совсем невозможным.

I. Вертикальная составляющая H_z магнитного поля Земли в районе магнитного экватора равна нулю, поэтому здесь измерение ЭМИТом невозможно, а в полосе 10—15° с. и ю. ш. малоэффективно. Наоборот, у магнитных полюсов H_z достигает 0,7 Э, поэтому здесь возможны даже измерения скорости дрейфа льдов.

Нестабильность элементов земного магнетизма во времени и в пространстве — аномалии, цикличные колебания и «вибрация» поля вносят помехи в показания ЭМИТа, которые следует отличать от истинных.

II. Под действием силы тяжести задний буксируемый электрод в кильватерном варианте ЭМИТа притапливается на глубину ΔL относительно уровня переднего. При этом в индуцировании ЭДС в измерительной цепи участвует и *горизонтальная* составляющая $\mathbf{H}_h$ магнитного поля Земли (рис. 104) — за счет проекции Δh шлейфа на вертикаль. Значение этой ЭДС ΔE зависит от H_h, Δh, скорости судна $V_к$ и магнитного курса судна α: $\Delta E = H_h \Delta h \sin \alpha$. Максимальная ΔE получается на курсах 90 и 270°, минимальная — на курсах 0 и 180°. По этой причине показания потенциометра следует исправлять поправкой ΔE. Для каждой модификации шлейфа и электродов поправки ΔE на их вертикальный разнос могут быть протабулированы. Таблица поправок для одного из шлейфов (ГМ-15) приведена в приложении 5 «Руководства по гидрологическим работам в океанах и морях». Наивыгодными скоростями буксировки шлейфа при измерении следует считать 6—12 узлов.

III. При ветровом дрейфе судно буксирует шлейф также *не по курсу судна и не по пути на течении*, а по новому пути — от совместного действия течения и *дрейфа*. Ориентацию кабельного шлейфа на этом пути также следует учитывать, считая измеряемые составляющие скорости течения *нормальными* не к курсу судна, а *к пути при дрейфе*. Для учета этой особенности

использования ЭМИТа необходимо иметь надежные таблицы углов дрейфа, которыми должен располагать штурман. Такие таблицы составляются и корректируются опытным путем в продолжение всей эксплуатации судна в штурманской практике.

Таким образом, по принципу действия измерительная цепь ЭМИТа является цепью прямого преобразования до входа потенциометра КСП-2. Датчиком — измерительным преобразователем в приборе является шлейф с электродами. Роль линии связи играет двухжильный кабель к лебедке и далее к потенциометру. Точность преобразования в измерительной цепи определяется суммарной погрешностью, слагаемой из методической, инструментальной, а также навигационных погрешностей в выдерживании курса и определении угла дрейфа судна. В случае использования ЭМИТа с поперечной базой точность зависит также и от погрешности определения скорости судна на курсах.

20.3. Подготовка к измерениям, характерные неисправности и производство измерений прибором ГМ-15М

Для обеспечения исправной работы ЭМИТа необходимо тщательно следить за состоянием электродов, изоляцией линии связи и разъемов. Кабель должен иметь сопротивление изоляции 2—3 МОм, которое в сомнительных случаях измеряется непрерывным протягиванием его в ведре с морской водой и одновременным контролем изоляции мегомметром через воду. При этом электроды должны быть отсоединены. Не допускается скручивание кабелей и свертывание их в бухты при измерении. В пульте управления раз в полгода следует менять сухой элемент ЭДС и проверять полярность подключения линии связи ко входу потенциометра. Лебедку надо оберегать от попадания воды в подшипники и штепсельный разъем.

Подготовка к измерениям характеристик течения производится в следующем порядке.

С капитаном и штурманом судна согласуется прокладка предстоящего маневрирования при измерениях: координаты и номера станций, курсы, время начала и окончания галсов, скорости судна на галсах. Проверяется правильность подключения кабеля к потенциометру: на блоке управления тумблер *S2* ставится в положение «Измерение». При этом, если судно течением сносит вправо от курса, то и перо регистратора должно отклоняться вправо от нулевой линии. Полярность подключения жил шлейфа, таким образом, должна быть определена во время первоначального пробного измерения в месте

с заведомо известным направлением течения; вместе с этим жилы линии связи должны быть отмаркированы во избежание грубого промаха в последующих измерениях. Кабельный шлейф с электродами готовится с расчетом вытравить их за борт за 30 мин до начала измерений. Для стабилизации положения электродов при буксировке к месту соединения заднего из них с жилой линии связи привязывается 3—5 м пенькового линя. Для предварительного определения пригодности электродов к работе перед вытравливанием шлейфа за борт целесообразно опустить их в изолированный от корпуса судна сосуд с морской водой, соединить лебедку разъемом с блоком управления, включить потенциометр. Скорость протяжки ленты устанавливается в пределах 240—320 мм/ч. На блоке управления включается тумблер *S1* «Измерение». Проверяется значение собственной ЭДС электродов: если она больше 3—4 мВ, то следует включить тумблер *S2* «Батарея», и регулятором *R1* перо самописца выставляется примерно на середину шкалы. Если этого сделать не удается: перо сползает к краю шкалы или не выставляется на середину, то электроды не годятся для работы, их следует заменить другой парой. Во избежание поляризации электродов их ни в коем случае нельзя подключать к какимлибо источникам напряжения, например тестеру. После определения пригодности электродов потенциометр и блок управления можно временно отключить. Отсоединяется от разъема лебедки кабель блока управления во избежание перекручивания и шлейф с электродами осторожно травится за борт на всю длину до заранее нанесенной марки перед коренным концом у лебедки. Вытравливание производится только на ходу судна с разрешения вахтенного в ходовой рубке; в дрейфе судна эта операция запрещается из-за опасности наматывания кабеля на винт. После погружения электродов в воду они должны быть выдержаны в ней около 30 мин, чтобы они приняли температуру воды и стабилизировалась их собственная ЭДС. После этого вновь подключается линия связи с блоком управления разъемом лебедки, включается потенциометр, блок управления и корректируется положение пера самописца, как указано выше. К этому времени судно должно подойти к точке начала 1-го галса.

В начале и в конце измерений производится запись показаний потенциометра *на противоположных курсах* судна в месте измерений. Естественно, что без собственной ЭДС электродов оба показания были бы равными по значению и противоположными по знаку. Практически же они отличны по абсолютному значению из-за наличия собственной ЭДС. Для ее исключения из результата между этими двумя записями на ленте проводится средняя линия. Ее называют «нулем электро-

дов». В процессе длительных измерений их собственная ЭДС может изменяться; тогда положение «нуля электродов» искусственно перемещается на ленте на ее середину регулятором «установка нуля».

При измерении характеристик течения судно может маневрировать по квадрату или замкнутой петле (на многосуточной станции), а также зигзагами на генеральном курсе (на разрезах). При этом курсы для измерения двух очередных составляющих вектора течения лучше изменять на 60—90° (рис. 108), а также чередовать противоположными курсами для периодического определения «нуля электродов». Таким образом, записи показаний ЭМИТа на одних и тех же галсах могут служить и для расчетов составляющих полного вектора течения, и для определения «нуля электродов». Продолжительность измерения на одном галсе может быть 5—15 мин в зависимости от условий — волнения, рыскания судна, помех. Особенно сильно на стабильность показаний ЭМИТа влияют волнение и рыскание судна на курсе. Сильные помехи периодического характера оказывает зыбь при следовании курсом, параллельным гребням: при этом шлейф участвует в орбитальном движении частиц в волне, а значит, индуцирует ЭДС помехи. С окончанием измерений электроды и регистратор выключаются, лебедка отсоединяется от блока управления; на ходу судна выбирается шлейф. Если измерений в скором времени

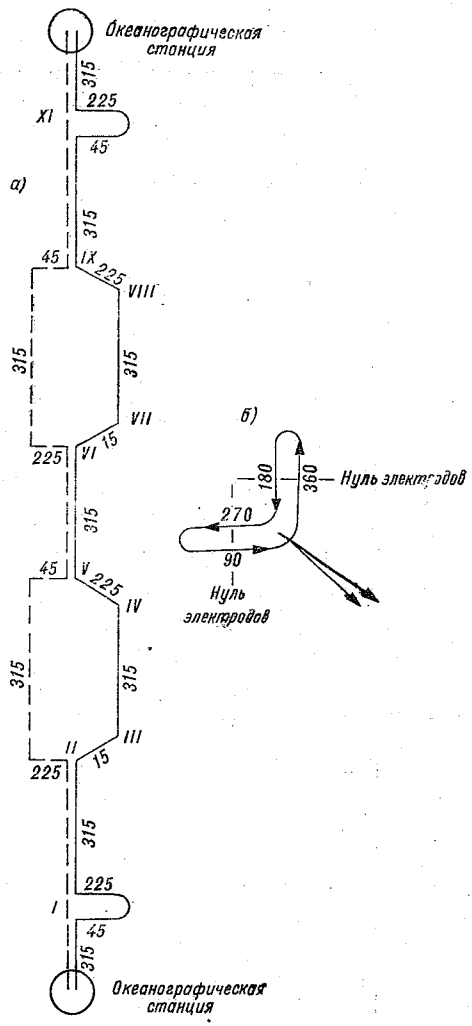


Рис. 108. Схемы маневрирования судна с измерителем течений ГМ-15М.

а — на разрезах; *б* — на многосуточной станции.

не предстоит, электроды отсоединяются от кабеля и убираются в стаканы с морской водой.

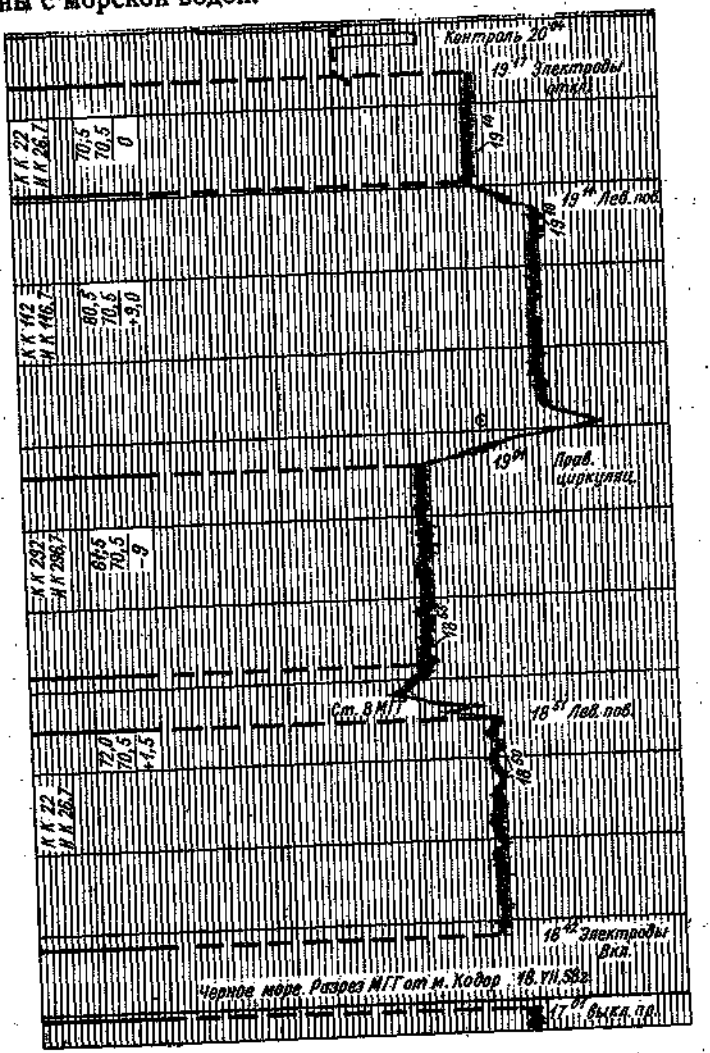


Рис. 109. Образец ленты с записью показаний измерителя течений ГМ-15М.

Лента с записями оформляется, как показано на рис. 109. В начале и в конце измерений отмечается время включения и выключения электродов. Отмечается также время начала и конца поворотов, отсчеты записей «нуля электродов» и ЭДС

составляющих скорости течения, а также компасные и истинные курсы на галсах. У потенциометра ПС1-01 имеется кнопка, нажатие которой дает возможность включить его имитатор для проверки работоспособности: получается отметка «контроль».

20.4. Обработка показаний измерителя характеристик течения ГМ-15М

Каждый отсчет на ленте регистратора снимается с точностью до 0,5 малого деления от нуля шкалы ленты до среднего значения линии записи. Производится отбраковка записей, отличающихся нестабильностью, сильными помехами. Выбираются показания для вычислений «нуля электродов». Они определяются как средние из отсчетов двух записей, например для курсов 296,7 и 116,7° (60,5+80,5)/2=70,5 делений ленты. Вычисленное значение «нуля электродов» для удобства вычислений можно провести на ленте. Значения E_1 и E_2 составляющих V_{c1} и V_{c2} скорости течения $V_т$ определяются как алгебраические разности отсчетов показаний и значения нуля электродов, например для курса 26,7°

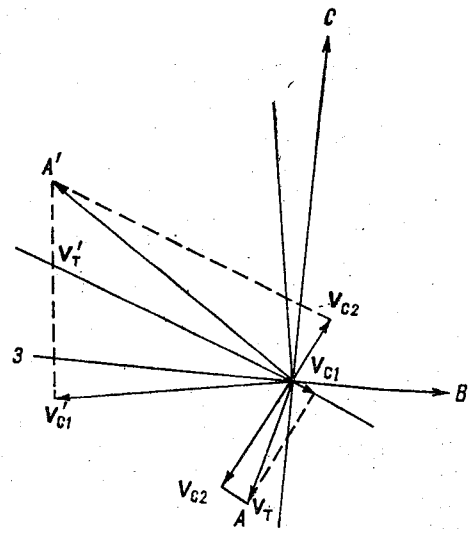


Рис. 110. Определение полного вектора течения графическим способом.

$$V_{c1} = 72{,}0 - 70{,}5 = +1{,}5 \text{ делений ленты.}$$

Полученные значения составляющих скорости течения исправляются поправками. Полный вектор течения можно определить графическим способом (рис. 110). Для этого на миллиметровке в произвольном масштабе в системе координат С—Ю и З—В откладывают вычисленные значения составляющих V_{c1} и V_{c2} в делениях ленты. Направления составляющих определяют по их знаку: *положительные* по знаку составляющие откладываются *вправо от курса* на 90°, а *отрицательные* — *влево* на 90°.

Например, для курса 26,7° составляющая $V_{c1} = +1{,}5$ делений ленты направлена *вправо* от него: $26{,}7° + 90° = 116{,}7°$. Для курса 296,7° составляющая $V_{c2} = -9{,}0$ делений направлена *влево* от курса: $296{,}7° - 90° = 206{,}7°$. К концам проложенных векторов $\mathbf{V}_{c1}$ и $\mathbf{V}_{c2}$ восстанавливают *перпендикуляры* (не путать с построением параллелограмма!) до их пересечения в точке A. Проведенный в эту точку вектор $\mathbf{V}_т$ будет *полным вектором течения*, в данном случае его модуль равен 9,1 деления ленты, а направление — 192°. При этом получится необязательно прямоугольник векторов. Например, если для курса 350° составляющая скорости оказалась бы «минус 15 делений», а для курса 290° — «плюс 5 делений», то первый вектор $\mathbf{V}'_{c1}$ будет иметь направление $350 - 90 = 260°$ (см. рис. 110), а второй — V'_{c2} направлен на $290 + 90 = 20°$. После восстановления *перпендикуляров* к концам проложенных векторов — составляющих скорости течения до их пересечения в точке A' полный вектор течения будет $\mathbf{V}'_т$.

Для перевода значений составляющих V_{c1} и V_{c2}, выраженных в делениях ленты в натуральную величину — в сантиметрах в секунду, можно пользоваться переводными коэффициентами. Например, для базы $L = 100$ м и потенциометра ПС1-01 со шкалой ± 10 мВ пересчетный коэффициент-множитель находится по аргументу H_z Э:

H_z Э	0,10	0,12	0,14	0,16	0,18	0,20	0,22	0,24	0,26
V см/с	20	17	14	13	11	10	9	8	8
H_z Э	0,28	0,30	0,32	0,34	0,36	0,38	0,40	0,42	0,44
V см/с	7	7	6	6	6	5	5	5	5
H_z Э	0,46	0,48	0,50	0,52	0,54	0,56	0,58	0,60	0,62
V см/с	4	4	4	4	4	4	3	3	3
H_z Э	0,64	0,66	0,68	0,70					
V см/с	3	3	3	3					

Например, при $H_z = 0{,}50$ составляющие скорости течения будут переведены коэффициентом из делений ленты в сантиметры в секунду:

$$V'_{c1} = 15 \text{ делений ленты} \cdot 4 = 60 \text{ см/с},$$

$$V'_{c2} = 5 \text{ делений ленты} \cdot 4 = 20 \text{ см/с}.$$

С учетом поправок к составляющим скорости течения на вертикальный разнос электродов для прибора данной модификации полученные расчетные значения при обработке показаний ЭМИТа вносятся в книжку КГМ-20.

Вопросы и задания

1. В чем заключается электромагнитный метод измерения параметров течения?
2. Какие способы использования ЭМИТа можно применять при измерениях?
3. Чем определяется и откуда берется поправочный коэффициент K?
4. Как влияет на условия измерения подвижный на течении слой воды?
5. В каких районах Земли использование ЭМИТа наиболее эффективно? Наименее эффективно?
6. Как влияет на результаты измерений вертикальный разнос электродов?
7. Как влияют на результаты измерений условия дрейфа судна?
8. Какими способами осуществляется маневрирование судна при измерениях?
9. Можно ли измерить составляющую скорости течения в период циркуляции судна?
10. Чем обусловлены помехи в записанных ЭМИТом показаниях; можно ли от них избавиться и как?

Глава 21
ДИСТАНЦИОННАЯ ПРИСТАВКА ГМ-39 К САМОПИСЦУ УРОВНЯ МОРЯ СУМ

21.1. Назначение и принцип действия дистанционной приставки ГМ-39

Дистанционная приставка ГМ-39 является дополнительным устройством к поплавковому самописцу уровня моря СУМ и предназначена для дистанционного измерения и регистрации колебаний уровня моря. Технические характеристики ГМ-39 следующие. Диапазон измерения и регистрации колебаний уровня моря: модель I с масштабом записи 1 : 10 — 3 м, модель II с масштабом записи I : 20 — 6 м, модель III с масштабом записи 1 : 40 — до 12 м. Максимальная разность записанных значений на диаграммных лентах приставки и самописца уровня моря — 0,5 мм. Дистанционность при сопротивлении линии связи 500 Ом — до 5 км. Дискретность дистанционной передачи — 0,5 см изменения уровня. Погрешность дистанционной регистрации — 1 % от диапазона измерения. Завод часов — недельный. Масштаб времени — 12 мм/ч. Расход батарей — один комплект в год. Питание — сухими элементами 100-АМГЦ-У-2,0 (1 шт.), 1,66ТМЦ-У-28 (18 шт). Общая масса 33 кг.

В комплект приставки входят электроимпульсный преобразователь, источники питания, регистратор, коммутационный

блок, кабели с разъемами; источники питания размещаются в специальном ящике; в коммутационном блоке размещаются релейный субблок и источник питания.

Принцип действия приставки ГМ-39 заключается в следующем. Угол разворота оси СУМ с помощью электромеханического узла преобразуется в пропорциональное его значению количество электрических импульсов постоянного тока в двухпроводной линии связи. На другом конце линии связи с помощью электромеханического узла импульсы тока преобразуются в ступенчатое перемещение пера самописца по ленте регистратора. Положение нулевого уровня моря с помощью первого узла преобразуется в импульс бо́льшего тока в той же линии связи, а на конце ее вторым узлом преобразуется в отличительный штрих на ленте регистратора. Смена стороны разворота оси СУМ и смена стороны перемещения пера на ленте регистратора соответствуют смене полярности тока в линии связи. Таким образом, приставка ГМ-39 использует измерительную цепь прямого преобразования. Система телеизмерения — кодоимпульсная (используется единичный код), дискретная, токовая. Формально можно выделить два канала информации: канал значения уровня, отличного от нуля, в котором информация передается единичным кодом, и канал нулевого уровня, в котором различается один сигнал интенсивности — уровень тока. Линия связи — общая для обоих каналов.

21.2. Устройство приставки ГМ-39

В комплекте приставки ГМ-39 для стыковки с СУМ имеется длинная ось, которой заменяется поплавковая, и сменная шестерня, сцепляющаяся с редуктором преобразователя. Электроимпульсный преобразователь *2* (рис. 111) представляет собой коробку, заполненную трансформаторным маслом; в ней размещается ось с червячной нарезкой и крыльчаткой для демпфирования вращения от волновых колебаний поверхности моря. На ось насажена поворачивающаяся и перемещающаяся по червячной нарезке вперед или назад обойма с магнитом. По отношению к угловой скорости поплавкового колеса СУМ редуктор *1* преобразователя резко повышает угловую скорость вращения червяка в коробке. Поэтому повышение или понижение уровня моря на 2 см приводит к быстрому перемещению обоймы с магнитом на упоры вперед либо назад. Обойма, продолжая вращение около одного упора, заставляет своим магнитом замыкаться контакт одного из двух магнитоуправляемых контактов (герконов). При этом с каждым оборотом обоймы геркон включает цепь тока положительной полярности,

что соответствует именно повышению уровня моря. При понижении уровня моря обойма переходит ко второму упору и, вращаясь около него, магнитом замыкает второй геркон, включенный в цепь тока обратной полярности. Изменение уровня моря на каждые 0,5 см при его понижении или повы-

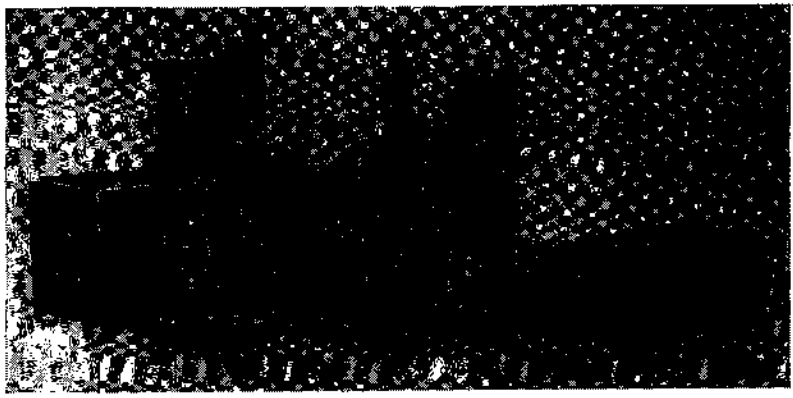


Рис. 111. Дистанционная приставка ГМ-39 к СУМ.

1 — измерительное поплавковое колесо; *2* — коробка с импульсным преобразователем.

шении соответствует одному импульсу тока. В редукторе преобразователя имеются также две пары механических контактов. Состояние редуктора преобразователя, когда одновременно замыкаются эти пары конктатов, соответствует прохождению поплавка через нулевой уровень моря; при этом они замыкают добавочную цепь тока повышенного уровня. При изменении уровня моря импульсный ток по линии связи протекает в катушках промежуточных реле. Срабатывает одно из двух реле, в цепи которого диод включен в соответствующем направлении. При смене полярности импульсов тока срабатывает второе реле, в цепи которого диод включен в направлении, противоположном первому. Промежуточные реле, включая питание электромагнитов с храповыми шестернями, поворачивают их на один зуб с каждым импульсом; в свою очередь вращение храповой шестерни через редуктор регистратора и червяк передается каретке с укрепленными на ней стрелке с пером. От промежуточных реле срабатывает один электромагнит из двух: первый переводит перо на ленте самописца вверх (повышение уровня), а второй — вниз (понижение уровня). По сигналу повышенного тока, кроме того, срабатывает третье промежуточное реле,

включающее питание третьего электромагнита, который приводит в движение перо в момент прохождения поплавком СУМ нулевого уровня моря.

На принципиальной электрической схеме приставки ГМ-39 (рис. 112) *GB 100 В* — батарея сухих элементов для питания промежуточных реле через герконы *S1* и *S2* импульсного пре-

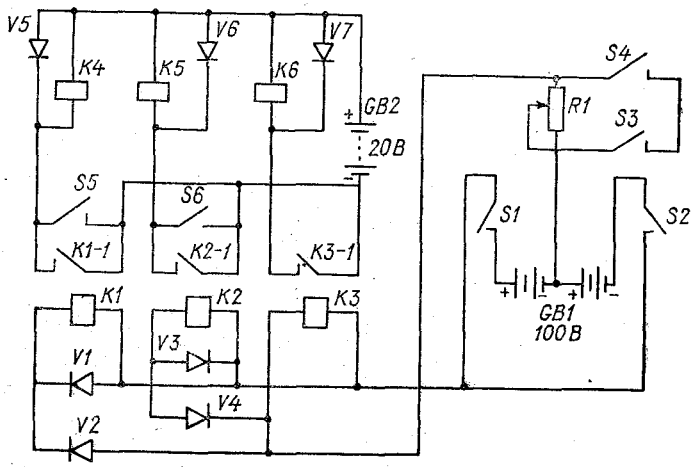


Рис. 112. Принципиальная электрическая схема приставки ГМ-39.

образователя. При повышении уровня моря замыкается геркон *S1*, включая цепь тока: +*GB1*—*S1* — линия связи — промежуточное реле *K2* — диод *V4* — линия связи — *R1* — «минус» *GB1*. Промежуточное реле *K2* своими контактами *K2—1* включает цепь батареи *GB2* (20 В) для питания электромагнита *K5*, который переводит перо самописца на одну ступень вверх по ленте. При понижении уровня моря замыкается геркон *S2*, включая цепь тока: «минус» *GB1*—*S2* — линия связи—промежуточное реле *K1* — диод *V2* — линия связи — *R1*—«+»*GB1*. Промежуточное реле *K1* контактами *K1—1* включает питание электромагнита *K4* от батареи *GB2*, который перемещает перо самописца на одну ступень вниз. При замыкании одновременно контактов нулевого уровня — *S3* и *S4* шунтируется резистор *R1*, поэтому в линии связи увеличивается ток: при этом срабатывает не только реле *K1* или *K2*, но и менее чувствительное реле *K3*, которое обеспечивает срабатывание электромагнита *K6*. Последний заставляет перо самописца сделать отметку (штрих) о нулевом уровне. Для возможности регулирования тока при наладке схемы резистор *R1* — переменный. Кнопки на блоке

питания регистратора *S5*, *S6* служат для искусственного перемещения пера самописца при проверке и согласовании измерительной цепи. Диоды *V1*, *V3*, *V5*, *V6*, *V7* включены в качестве элементов искрогасящих цепей для облегчения условий работы контактов в схеме.

Использование СУМ с приставкой ГМ-39 для регистрации уровня моря не отличается от использования СУМ без приставки.

21.3. Монтаж ГМ-39. Регламентные работы, характерные неисправности и их устранение

Блок питания и электроимпульсный преобразователь размещаются в будке СУМ. Преобразователь крепится к плате с одновременной заменой короткой оси на длинную и введением в зацепление шестеренкой с редуктором. Двухпроводная линия связи должна иметь сопротивление не более 500 Ом; прокладываться она может на опорах, столбах или в траншее. Коммутационный блок и регистратор размещаются в лаборатории на берегу. Линия связи подключается к коммутационному блоку (разъем «вход») и к блоку питания (разъем «выход»). Преобразователь подключается к блоку питания (разъем «вход»). Регистратор подключается к коммутационному блоку. Для проверки работоспособности комплекта следует вручную провернуть поплавковую ось, проверить работу редуктора, его контактов нулевого уровня, работу герконов, промежуточных реле и регистратора. Нажатием кнопок *S1* и *S2* согласовать положение пера самописца с нулевым положением поплавка и редуктора. Минимальное напряжение на батарее регистратора 18 В. В процессе работы приставки необходимо следить за состоянием линии связи и сопротивлением ее изоляции, напряжением батареи линии связи, состоянием контактов реле, электромагнитов и редуктора и периодически подзаводить часовой механизм регистратора.

В процессе эксплуатации приставки могут быть отказы узлов; наиболее вероятны из них следующие. При несрабатывании храповиков регистратора следует проверить коммутацию контактами линии связи и питания электромагнитов, а также напряжение батарей. При пропусках импульсов следует проверить напряжение питания, целость диодов в линии, уровень масла в преобразователе. При отсутствии импульсов в линии связи следует проверить работоспособность редуктора преобразователя и целость линии. При нечеткой работе регистратора необходимо регулировать пружины якорей электромагнитов.

Вопросы и задания

1. В чем заключается принцип действия приставки ГМ-39?
2. Перечислить назначение элементов принципиальной электросхемы.
3. Разъяснить действие электроимпульсного преобразователя в момент прохождения поплавка СУМ через нулевой уровень.

Глава 22
РАДИОТЕЛЕМЕТРИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ

22.1. Назначение, принцип действия, устройство и принципиальные схемы радиоволнографа ГМ-32

Радиоволнограф ГМ-32 предназначен для измерения и регистрации высот и периодов последовательного ряда волн в открытых глубоководных районах морей и водоемов.

Основные технические характеристики ГМ-32 следующие. Пределы измеряемых высот волн 0,2—20 м в диапазонах: I) 0—10 м, II) 0—20 м. Дальность действия радиосвязи при высоте антенны 14—16 м над уровнем моря и волнении 4—5 баллов: при измерении 6—8 миль, при поиске радиобуя 10—12 миль. Средняя погрешность измерения: по высоте волн $\pm(10\text{ см}+1{,}5\%\ h)$, по периоду волн $\pm(0{,}1\text{ с}+5\%\ T)$. Питание радиобуя — комплектом сухих элементов, судовой или береговой аппаратуры — 220 или 110 В, 50 Гц. Рабочий диапазон частот канала связи $216\pm1{,}5$ МГц. Мощность радиопередатчика 2 Вт. Потребляемая мощность: от сети переменного тока — 400 Вт, от сети постоянного тока (с использованием преобразователя) — 1 кВт. Продолжительность работы: непрерывно — 3 суток; сеансами по 25 мин с интервалами по 25 мин — 144 ч.

Общий принцип действия радиоволнографа заключается в следующем. Автономный дрейфующий радиобуй с датчиком характеристик волн и с программным, модуляторным и передающим устройствами преобразуют характеристики волн в радиосигнал. Расположенное на судне или на берегу радиоприемное устройство преобразует полученную информацию в электрические величины, удобные для дальнейших преобразований, после которых сигнал регистрируется на ленте потенциометра в виде волнограммы.

В составе радиобуя (передающей части) — водонепроницаемый контейнер (рис. 113) с кассетой для источников питания *GB1*, часовой механизм, управляющий программным устрой-

ством *S2*, в котором контактный узел на программном диске обеспечивает циклический режим работы передающего устройства в следующей последовательности. Две минуты — режим для поиска и настройки приемной части на радиобуй, одна минута — контрольный режим масштабного устройства для записи контрольных масштабных отметок *M1* и *M2*, 25 мин.— рабочий режим для измерения параметров волн, одна минута — контрольный режим для отметок *M1* и *M2*, одна минута —

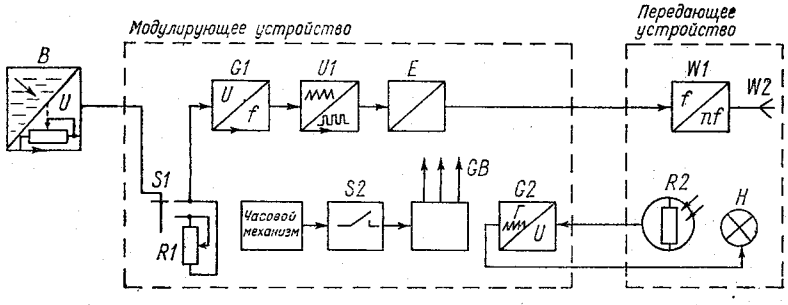


Рис. 113. Функциональная схема радиобуя — передающей части ГМ-32.

режим дополнительной подстройки перед паузой, 20 мин.— пауза. Имеется имитатор датчика — резистор *R1* для проверки комплекта ГМ-32 при подготовке к измерениям. Датчиком волны является устройство, чувствительное к гидростатическому давлению — *B*. В отличие от датчика качки ГМ-62, датчик волны ГМ-32 — потенциометрический и *действует за счет перемещения по вертикали относительно среднего уровня моря вместе с плавающим на поверхности волн радиобуем.* У датчика имеется компенсатор, по назначению и действию аналогичный с компенсатором датчика качки ГМ-62. Выходная величина датчика волны ГМ-32 — изменяющееся в такт с высотой волны постоянное напряжение *U* на потенциометре через переключатель *S1* подается на вход релаксационного (импульсного) измерительного генератора *G1* для управления частотой *f* его выходных импульсов. Сформированные по амплитуде и длительности в ждущем мультивибраторе *U1* эти импульсы через согласующий каскад *E* проходят к радиопередатчику *W1* и используются для частотно-импульсной модуляции его несущей частоты — 216,5 МГц. Информация об измеренных параметрах волнения из антенны *W2* передается в эфир.

Статические характеристики всех преобразователей в этой *измерительной цепи прямого преобразования линейны.* Система телеизмерения в данном случае является частотно-импульсной.

Устройство дрейфующего радиобуя ГМ-32 показано на рис. 114. Поскольку радиобуй является навигационным объек-

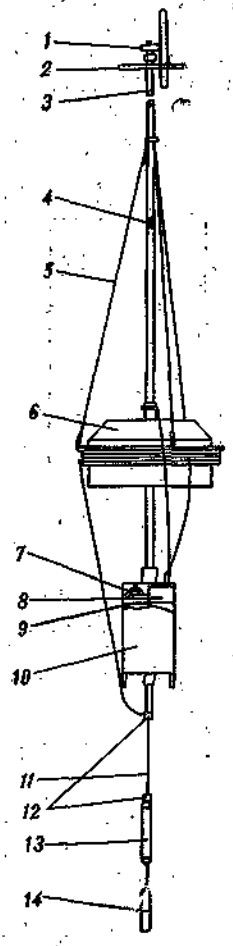
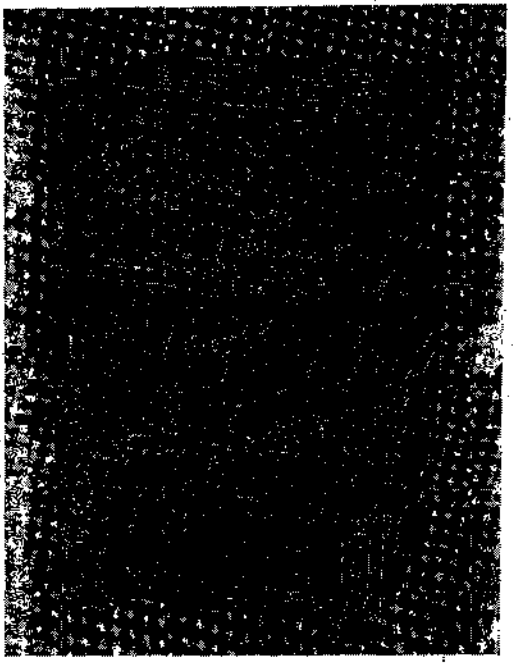


Рис. 114. Радиобуй волнографа ГМ-32.

1 — радиопередатчик; *2* — защитное приспособление; *3* — изоляционные секции мачты; *4* — кабель связи; *5* — оттяжки; *6* — поплавок; *7* — модулятор; *8* — программное устройство; *9* — кассеты с источниками питания; *10* — контейнер; *11* — кабель связи датчика давления с контейнером; *12* — герметические разъемы; *13* — датчик давления; *14* — груз.

Рис. 115. Приемная часть радиоволнографа ГМ-32.

1 — блок управления антенной (БУА); *2* — блок-преобразователь частот (БПЧ); *3* — приемник; *4* — блок питания.



том для облегчения нахождения его в темное время суток он снабжен проблесковым маячком. Релаксационная схема *G2* питания лампы маячка расположена в ПМУ, а сама лампа *H* смонтирована на корпусе радиопередатчика. Здесь же расположен автомат включения маячка с наступлением сумерек — фоторезистор *R2* в окне корпуса передатчика. Он включен в цепь релаксационной схемы. В крышке водонепроницаемого контейнера имеются две закрывающиеся горловины для обслуживания

содержащихся в нем узлов ПМУ. В рабочем положении контейнер погружен в воду.

Приемная часть радиоволнографа (рис. 115) располагается в судовой или береговой лаборатории. К сети переменного тока 220 В через щит питания *G1* (рис. 116) с контрольно-измерительными приборами *P* и коммутаторами *S1* подключен блок питания *G2*. В нем формируются все необходимые напряжения для блока преобразования частоты (БПЧ) приемной части. Для контроля режимов работы узлов перед снаряжением радиобуя предусмотрена возможность питания блока ПМУ и передатчика не от сухих элементов контейнера, а от блока питания приемной

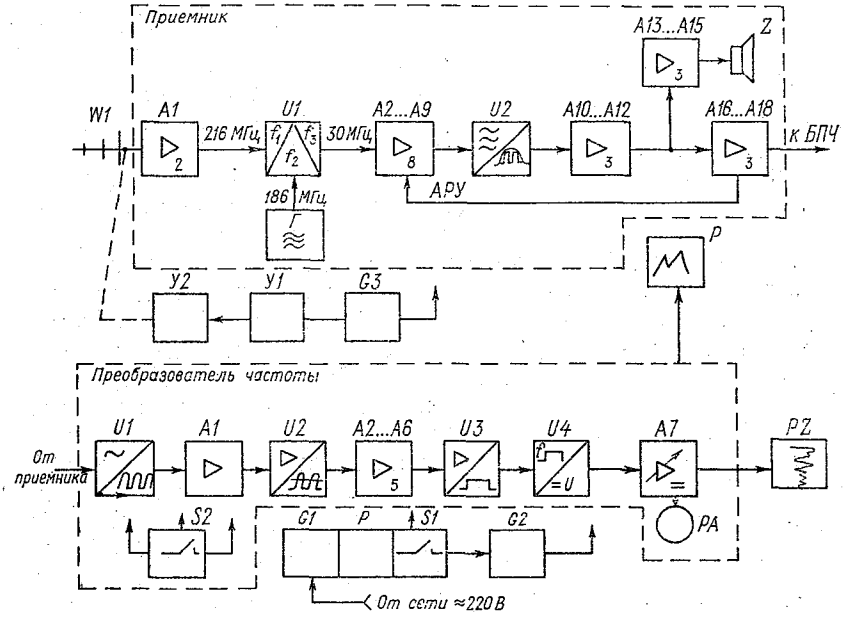


Рис. 116. Функциональная схема приемной части радиоволнографа ГМ-32.

части. Для обеспечения уверенного приема радиосигналов от работающего в море буя антенна *W1* приемной части — направленного действия в угле около 43°. Антенно-фидерная система устанавливается на мачте судна так, что можно поворачивать ее на 170° в обе стороны от среднего положения. Разворот антенны осуществляется поворотным устройством *Y2* с реверсивным электродвигателем. Управление этим узлом производится блоком управления антенной (БУА) — *Y1*. В БУА

расположен сельсин-приемник для контроля положения антенны, а также субблок питания *G3*.

Принятый антенной сигнал поступает на вход приемника: сначала на 2-каскадный усилитель высокой частоты *A1*, а оттуда — в смеситель *U1*. Сюда же поступает и синусоидальное напряжение частоты 186 МГц от гетеродина *Г*. В результате с выхода смесителя в усилитель *A2—A9* промежуточной частоты (УПЧ) поступает разностная частота — 30 МГц. Такой «перенос спектра» необходим для «отстранения» из канала связи значительной части помех и облегчения дальнейшего усиления сигнала — на пониженной частоте. В детекторе *U2* из сигнала пониженной несущей частоты выделяется сигнал рабочей — «огибающей» частоты, который составляет информацию о параметрах волн. В импульсном видеоусилителе *A10—A12* и *A16—A18* сигналы усиливаются по напряжению и поступают дальше в БПЧ. Одновременно они используются в схеме автоматической регулировки усиления (АРУ). Она необходима для регулировки коэффициента усиления и «запоминания» нормального уровня сигнала на время «задержки АРУ» $\tau = 6$с с расчетом предотвратить колебания этого уровня в моменты ухода антенны от направления на буй при качке судна. В схеме АРУ среднее значение импульсного напряжения сигнала преобразуется в постоянное напряжение, которое подается на сетки четырех каскадов *A2—A5* в УПЧ и автоматически поддерживает в норме его коэффициент усиления. Благодаря этому затухание сигнала при качке маловероятно. Кроме того, сигнал с видеоусилителя *A12* подается в усилитель низкой частоты *A13—A15* для использования на его выходе головных телефонов или динамика *Z*. При этом во время поиска и процесса измерения оператор прослушивает сигналы в форме звука переменного тона в такт волновому колебанию. В БПЧ усилительные и формирующие каскады узлов *U1*, *A1*, *U2*, *A2—A6*, *U3* образуют П-образные импульсы строго постоянной длительности и амплитуды. Их частота изменяется только в зависимости от высоты волн. Для проверки работоспособности БПЧ имеется возможность вместо сигнала от приемника включить в блоке его имитатор. Частотный детектор *U4* реагирует на повышение частоты импульсов сигнала увеличением значения постоянного тока в его выходной цепи, а на понижение — наоборот: он является частотомером. Его статическая характеристика линейна. С выхода усилителя постоянного тока (УПТ) *A7* этот сигнал поступает на регистратор-потенциометр *PZ* типа КСП-4 или ЭПП-09. Процесс волнения за счет таких преобразований во всей измерительной цепи — от датчика до регистратора — изображается на диаграммной ленте автоматического потенциометра в сильно уменьшенном масштабе в виде

волнограммы. В БПЧ имеется возможность подсоединить вход синхроскопа *С1-5* с выходом нескольких каскадов для проверки его режимов и при поиске радиобуя по виду сигналов на экране синхроскопа.

Блоки приемной части собраны в стойку (рис. 115). Таким образом, цепь измерительных преобразований в комплекте ГМ-32 от датчика до регистратора также использует метод *прямого преобразования.* Поскольку в цепи для передачи информации используется *радиоканал*, то измеритель ГМ-32 относится к *радиотелеметрическим* устройствам.

22.2. Монтаж комплекта ГМ-32. Подготовка к производству измерений

Стойка приемной части ГМ-32, потенциометр КСП-4 или ЭПП-09 и щит питания монтируются на прочных столах или кронштейнах с амортизаторами с расчетом на доступ к блокам с тыльной стороны для ремонта и осмотров. Осциллограф *С1-5* лучше надежно устанавливать также рядом с приемным комплектом, предусмотрев возможность его переноса в случаях использования ремонтных кабелей. Агрегат АМГ-3А лучше размещать в судовом отсеке с силовой аппаратурой. Особо тщательный монтаж и прочное крепление требуются для поворотного устройства с антенной, которые в условиях качки подвержены значительным инерционным нагрузкам. Все блоки приемной части надежно заземляются на судовой контур. К разъемам присоединяются штатные кабели согласно блок-схеме в «Инструкции по эксплуатации ГМ-32». В радиобуе все узлы необходимо надежно герметизировать; все несущие и крепежные части должны содержаться в безупречном состоянии. Предохранители в блоках должны быть штатными.

На судне отдельными узлами хранятся поплавок с мачтой, контейнер с кабелем и датчиком; передатчик, а в отдельном отапливаемом сухом помещении — батареи элементов питания.

Шкала потенциометра приемной части ГМ-32, как и волнографов ГМ-61 и ГМ-62, не имеет числовых отметок высот волн. Поэтому необходима градуировка прибора по такой же методике, как и градуировка датчика качки ГМ-62. В отличие от него, для датчика ГМ-32 можно применить любой из способов градуировки — в море и в трубе с водой. При нормальном заполнении компенсатор датчика волны ГМ-32 срабатывает на глубине 60 м. Перед градуировкой в трубе воздух из компенсатора выпускается. Градуировка в море производится опусканием датчика на глубину срабатывания компенсатора плюс 12 м или плюс 22 м — в зависимости от диапазона измерения. Во всех

случаях отмечаются масштабные отметки М1 и М2 в начале и в конце градуировки, вычисляются среднее значение $M_г$ и постоянной прибора $\beta_г$ по графику статической характеристики.

Сборку радиобуя следует начинать за 6 ч до начала измерений. При этом необходимо выполнить следующие операции. Проверить ЭДС и срок службы комплекта батарей; уложить их в кассету, соединив элементы по схеме питания. На дне контейнера уложить мешочек с силикагелем. Осмотреть ПМУ и установить его в контейнере; подключить питание через ножевой разъем. Завести часовой механизм, проверить его ход; подключить разъем контейнера к модулятору. Тщательно уложить в паз контейнера резиновую прокладку и равномерно затянуть болты крышки. Включить тумблер питания, проверить напряжение от источников с помощью тестера на контрольных гнездах. Проверить срабатывание реле в положении контактного диска «перерыв» (наибольший сектор) и переключателя «М1» и «НР». Для дальнейшей работы переключатель ставится в положение «ПР» — по программе или «НР» — при непрерывной работе; включается тумблер «датчик»; включается питание блока.

Одновременно готовится датчик. Для этого после откреплення болтов на верхнем обтекателе необходимо снять трубку с нижним обтекателем, осмотреть камеру с мембраной и нажатием на нее проверить работоспособность датчика с помощью тестера. Проверить сопротивление изоляции мегомметром: норма — 20 МОм. Осмотреть компенсатор и заполнить баллон атмосферным воздухом до нужного объема с расчетом опустить датчик на выбранную глубину при измерениях. Закрыть корпус датчика, наложить резиновую прокладку на разъем с кабелем, затянуть гайкой до упора. Закрепить кожух датчика, груз и отвес.

Производится сборка радиобуя. Для этого необходимо собрать и соединить секции мачты; в центральное отверстие поплавка вставить трубку и закрепить стопорной гайкой. В трубке установить мачту и затянуть до упора накидную гайку. Закрепить и натянуть талрепы; закрепить защитное кольцо. Установить передатчик и присоединить к кабелю. Тросы смазать густым смазочным материалом. К нижнему концу трубы поплавка присоединить контейнер замком и закрепить гайкой; к контейнеру присоединить кабель передатчика. Лишний кабель уложить и укрепить вокруг поплавка. К нижнему концу кабеля подключить датчик. К ободу буя прикрепить фал с поплавками из пенопласта для подтягивания буя перед подъемом на борт после измерений.

Приемную аппаратуру вначале следует подвергнуть тщательному осмотру. При этом следует проверить правильность

соединений штатными кабелями на разъемах блоков, надежность заземления, наличие индикаторных ламп, плавких вставок, отсутствие повреждений, правильное положение органов управления и контроля. Включить сетевое питание приемной части, проверить норму напряжения и частоты на силовом щитке. На БУА, БПЧ, С1-5 и ЭПП-09 включить тумблеры питания, а также тумблер «накал» на приемнике; через 1—2 мин включить «220» на блоке питания и «выс. напр.» на БУА. Проверить напряжения с помощью контрольного вольтметра и переключателя блока питания: норма напряжений — в закрашенном секторе шкалы. Питание приемника проконтролировать специальным штекером для гнезда «прибор» на контрольных выходах «+280», «+120», «35» вольт: норма напряжений — в закрашенном секторе шкалы. Проверить исправность поворотного устройства тумблером «Л—П» по шкале сельсина-приемника. На осциллографе выставить режимы: «непрерывный», «3000 Гц», «1 : 1», отладить яркость и фокус развертки на экране, вывести на середину линию развертки.

Работоспособность аппаратуры проверяется следующими операциями при временно отключенном питании передающей части. Выставить среднее усиление приемника потенциометром «усиление». Включить тумблеры «АРУ» и «установка усиления». Регулятором «установка начального усиления» выставить режим, при котором кратковременное выключение тумблера «АРУ» дает смещение стрелки указателя на панели приемника на одно деление шкалы. Проверить правильность настройки приемника по наличию «белого шума» на экране осциллографа при полном снятии усиления ручкой «усиление» приемника. Проверить наличие на экране импульсов случайного характера в положении переключателя на БПЧ в положении «2». В положениях переключателя «3», «4», «5» импульсов быть не должно. Переключить его в положение «4» и регулятором «запуск» ввести контрольный режим БПЧ: на экране С1-5 проверить наличие регулярных пилообразных импульсов. Проверить их наличие и в положении переключателя «5». Вывести БПЧ из контрольного режима поворотом регулятора «запуск» влево.

Для проверки комплекта ГМ-32 в целом вновь включить питание передающей части в режиме «НР» (непрерывный сигнал). На БПЧ переключатель поставить в положение «1»; на приемнике вращением рукоятки «настройка» добиться появления сигналов радиобуя на экране. При включенных головных телефонах сигнал должен прослушиваться как непрерывный звук постоянного тона. При включенном «имитаторе» на ПМУ и вращении его потенциометра импульсы на экране

должны сгущаться или разрежаться по линии развертки, а звук в головных телефонах — изменять тон. На ПМУ включить тумблер «датчик», на БПЧ — тумблер «прибор» и потенциометрами «грубо», «точно» выставить стрелку указателя на лицевой панели БПЧ на нуль. Переключить тумблер в положение «регистратор»; стрелка потенциометра ЭПП-09 выводится также примерно на середину его шкалы.

Окончательно проверить надежность герметизации узлов радиобуя, подзавести часовой механизм ПМУ и проверить его ход. Переключить ПМУ в контрольном режиме на «М1» и «М2»: потенциометр должен показать обе масштабные отметки. Включить программу ПМУ и развернуть контактный диск с расчетом, чтобы после спуска буя на воду зарегистрировать масштабные отметки «М1» и «М2» в автоматическом режиме. Включить приемную аппаратуру. После того как будет установлено, что все узлы радиобуя и приемной части работают исправно, тщательно закрыть горловину контейнера. Далее радиобуй заваливается за борт с помощью судовой стрелы и опускается на воду. Судну дают ход.

22.3. Производство измерений радиоволнографом ГМ-32. Обработка волнограмм

Маневрирование судна в пределах «радиовидимости» буя может быть произвольным. Антенна приемной части на дальних расстояниях до буя должна быть направлена на него. Возможно использование одновременно системы из 2—3 радиобуев с последовательной регистрацией сигналов от каждого из них. При этом желательна предварительная расстройка передатчиков по частоте на 1—1,5 МГц, расстановка буев по пеленгам, различающихся более чем на 45° и согласование программ передающих частей по времени. Если передатчики рассогласованы по частоте на 2—2,5 МГц, то радиобуй можно ставить и по одному пеленгу. Скорость протяжки ленты на потенциометре с помощью сменных шестерен переключается на максимальную. В зависимости от заглубления датчика по ожидаемой высоте волн выбирается диапазон для регистрации — 10 или 20 м. Регулятор «усиление» БПЧ выставляется так, чтобы не было зашкаливания. Включается лентопротяжный механизм ЭПП-09. Засечками на ленте по секундомеру проверяется скорость протяжки. Во время измерений обычно записывают 100—150 волн. Если в начале и в конце измерения масштабные постоянные M_1 и M_2 отличаются незначительно, волнограмма подлежит обработке; если же они резко отличаются друг от друга, это

указывает на нестабильную работу узлов в передающей или приемной частях ГМ-32, и необходимо решить вопрос о пригодности волнограммы для обработки. В нерабочих интервалах времени по программе радиобуя регистратор можно выключить. В конце измерений приемная аппаратура выключается, судно направляется к бую и его поднимают на борт. Вскрывается горловина контейнера, выключается питание ПМУ. Если измерения не последуют в течение ближайших суток, электрическую часть радиобуя надо разобрать для просушивания.

Волнограммы ГМ-32 оформляются так же, как и волнограммы ГМ-61. Аналогично поступают и при их обработке: используют переводной коэффициент $\beta_з = \beta_г M_г / M_з$ с учетом постоянных записи при градуировке $M_г$ и при измерениях $M_з$, а также постоянной прибора при градуировке $\beta_г$. Одинакова и методика расчета периодов волн.

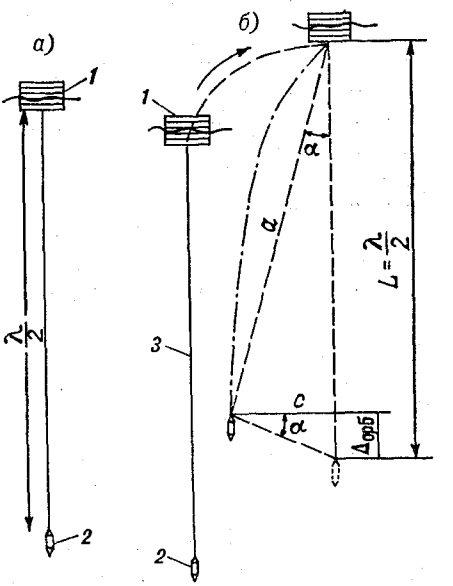


Рис. 117. Движение системы «буй—кабель—датчик» на волне.

а — предполагаемое положение кабеля с датчиком; *б* — действительное положение; *1* — поплавок, *2* — датчик давления, *3* — кабель.

При использовании радиоволнографа ГМ-32 следует учитывать особенности метода образования волновых колебаний с помощью датчика, подвешенного к поплавку радиобуя. В отличие от действия датчика гидростатического давления в приборе ГМ-62, на поплавок воздействуют волны и ветер. Поэтому радиобуй совершает *орбитальные* колебания на волнах (рис. 117): горизонтальное смещение поплавка от ударов крупных волн достигает 10—15 м. В результате этого воздействия система поплавок—кабель—датчик занимают не вертикальное положение, показанное пунктиром, а смещается и деформируется, как показано штрих-пунктиром. Датчик перемещается вверх на расстояние $\Delta_{орб}$, смещается по горизонтали на расстояние C и отклоняется от вертикали на угол α, завышая показания о высоте волны. Эксперименты и расчеты показывают, что *орбитальная* погрешность $\Delta_{орб}$ % при указанных заглублении датчика и высотах волн составляет:

Высота волны	Заглубление датчика, м	
	80	60
10	+3,1	+4,2
20	+6,2	+8,5

Горизонтальное смещение поплавка достигает значения h — высоты волны; при этом орбитальная погрешность $h = 10$ м достигает +17 %, а $h = 20$ м доходит, до +35 %.

Кроме того, при крене буя за счет отстояния вниз точки подвеса кабеля с датчиком от ватерлинии буя на 1,5 м и смещения кабеля по вертикали возникает *креновая* погрешность. Крен буя достигает 40—50°. Расчеты показывают, что креновая погрешность h достигает +0,35 м.

Обе погрешности — орбитальная и креновая — *положительны* по знаку, имеют случайный характер в силу случайного характера волнового процесса.

Приведенные особенности метода измерения характеристик волнения, несмотря на высокую приборную точность ГМ-32, указывают на существенный недостаток измерительного комплекса.

22.4. Регламентные работы. Характерные неисправности ГМ-32 и их устранение

Профилактические регламентные работы следует проводить регулярно в период подготовки комплекса к измерениям, а также после их завершения. Если радиоволнограф временно не используется, то регламентные работы проводятся раз в полгода.

Передающая часть во время измерений подвержена воздействию повышенной влажности и перегрузкам, поэтому ей следует уделять особое внимание. Проверяется герметичность разъемов, наличие резиновых прокладок, состояние силикагеля в контейнере, крепление узлов; работоспособность электрических блоков — ПМУ, передатчика; напряжение источников питания в контейнере; состояние сопротивления изоляции, исправность датчика, компенсатора. В приемной части проверяется состояние разъемов, органов управления и контроля, состояние изоляции. Производится тщательный осмотр панелей и монтажа электрических деталей в блоках, крепление ламп в панельках. Испытываются на работоспособность все блоки стойки, потенциометра,

осциллографа, поворотного устройства. Проверяется состояние подвижных соединений и контактов, особенно поворотного устройства; сменяется смазка.

Все сведения о работе, ремонтах, заменах, отказах и изменениях в схемах и конструкции, а также сведения о градуировках и других особенностей эксплуатации комплекса записываются в формуляр.

При обнаружении неисправностей во время эксплуатации ГМ-32 можно попытаться устранить их следующими приемами. При отсутствии сигналов радиобуя и нормальных напряжениях питания в контейнере надо заменить радиопередатчик и проверить осциллографом сигналы на гнездах модулятора. Если сигналы нечеткие, проверить анодное напряжение 150 В на модуляторе. Если сигналы четкие только при включенном имитаторе или масштабных резисторах, проверить состояние датчика и напряжение на нем. В случае невыполнения режимов по программе ПМУ проверить исправность часового механизма, реле, состояние контактной маски диска. При отказе светомаячка следует проверить напряжение на лампе, исправность транзисторов, цепь фоторезистора. При плавном смещении пера самописца во время измерения или градуировки осмотреть датчик и компенсатор. Отсутствие каких-либо напряжений на гнездах в приемной части может указывать на перегорание плавких вставок; в этих случаях необходимо выяснить причину перегрузки схемы током. Часто это случается при пробое изоляции, сильных утечках в конденсаторах, коротких замыканиях. В отсутствие изображения импульсов на экране осциллографа следует проверить наличие «белого шума», целость ламп приемника и АФС. При отказах поворотного устройства проверить цепи сельсинов и реле. Если сползает перо самописца ЭПП-09 при неизменном характере сигналов на экране С1-5, то необходимо проверить стабильность работы усилителя постоянного тока БПЧ, пользуясь регуляторами «установка 0», а также работоспособность усилителя потенциометра ЭПП-09 приемами, аналогичными регулировке чувствительности усилителя КСП-4.

22.5. Назначение, принцип действия, устройство, принципиальные схемы и монтаж радиоизмерителя течений ГМ-33 и судового дистанционного самописца течений ГМ-45

Радиоизмеритель течений ГМ-33 предназначен для дистанционной регистрации скорости и направления течений на реках, в водохранилищах и морях на любом горизонте до 250 м.

ГМ-33 используется в стационарных и экспедиционных условиях, может производить автоматические измерения на двух горизонтах в радиусе действия приемной аппаратуры.

Основные технические характеристики измерителя следующие. Пределы измерения: скорости течения 0—400 см/с; направления течения 0—360°. Начальная чувствительность по скорости течения 2—3 см/с. Погрешность измерения скорости течения

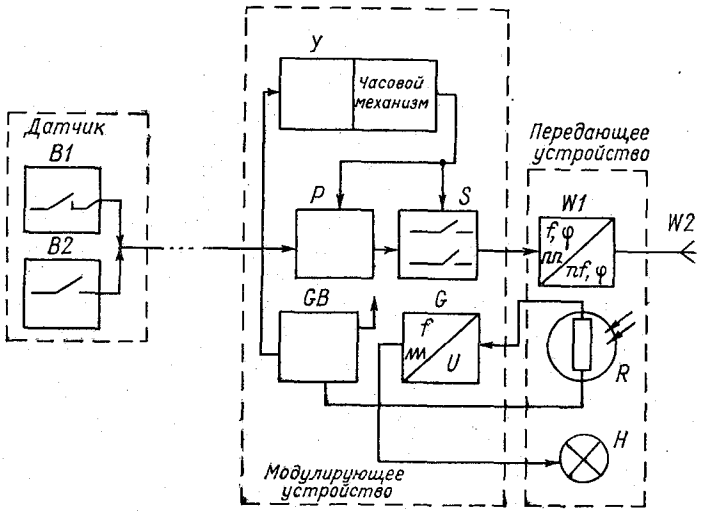


Рис. 118. Функциональная схема передающей части измерителя ГМ-33.

$\pm$(2 см/с + 3 % от измеряемой скорости). Погрешность определения направления течения $\pm 10°$. Дистанция уверенного измерения в море при высоте приемной антенны до 16 м и передающей 7 м 15—18 миль. При этих же условиях дистанция пеленгования радиобуя 18—25 миль. Регистрация характеристик течения возможна непрерывно или по заданной программе: двумя датчиками по 5 мин каждые 30 мин или одним датчиком по 10 мин каждые 30 мин. Автономность работы по программе около 30 суток. Несущая частота радиопередатчика 216$\pm$1,5 МГц. Питание приемной аппаратуры — от судовой сети постоянного тока 220 В или переменного тока 220 В, 50 Гц. Потребляемая мощность при этом соответственно 1 и 0,4 кВт. Питание передающей части — от батареи сухих элементов.

Принцип действия измерителя ГМ-33 во многом сходен с принципом действия радиоволнографа ГМ-32. ГМ-33 состоит из передающей части (рис. 118), оборудованной на заякорен-

ном буе с двумя датчиками *B1* и *B2*, подвешенными кабелем на разных горизонтах, и приемной части, размещенной в судовой лаборатории или на берегу. В комплекте ГМ-33 — три радиобуя, поэтому возможна работа приемной части также с несколькими радиобуями по аналогичному принципу с радиоволнографом ГМ-32. Радиобуй состоит из трех поплавков с рамой, на которой располагается контейнер с батареей сухих элементов ЭДС — *GB* и с программно-модулирующим устройством (ПМУ). Герметический контейнер со съемной верхней крышкой отличается от контейнера ГМ-32 своей плоской формой. Для обслуживания ПМУ также имеется герметически закрывающаяся горловина. Передатчик *W1* со светомаячком «Н» также подключается к ПМУ и располагается на мачте радиобуя.

Датчики ГМ-33 представляют собой малогабаритные электроконтактные гидрологические вертушки. Вращение от крыльчатки к передаточному шестеренчатому механизму внутри герметичного латунного корпуса передается магнитной муфтой. Чтобы предотвратить избыточное наружное давление воды, корпус датчика полностью заливают маслом марки МВП. Температурное расширение масла при этом компенсируется сильфоном (пружинной камерой). Для преобразования направления оси вертушки относительно магнитного меридиана использована магнитная рамка, действующая по принципу магнитной картушки в компасе. Передаточный механизм обеспечивает замыкание сигнальной пары контактов в цепи датчика 1 раз за 5 оборотов крыльчатки. При этом образуются электрические импульсы, соответствующие скорости течения. Кроме того, сигнальная пара контактов замыкается 1 раз через каждые 10 оборотов крыльчатки. От ориентации оси вертушки относительно магнитного меридиана зависит разворот элементов передаточного механизма, а от этого — временной интервал между вторым и третьим импульсами из каждой тройки: образуются импульсы, соответствующие направлению течения. Сигнальные контакты связаны кабелем с программно-модулирующим устройством в контейнере. К вертушкам укреплены противовесы, уменьшающие их рыскание при волнении и очень малой скорости течения.

Программно-модулирующее устройство ГМ-33 работает от часового механизма с подзаводом с помощью соленоида *Y* (рис. 118). Контактная стрелка, разворачиваясь по диску с контактной маской, обеспечивает последовательное замыкание цепей датчиков по программе. Между сигналами обоих датчиков дается один длинный разделительный сигнал. В момент замыкания электроконтактов очередного датчика его цепь с помощью промежуточного реле *P* через контактную маску диска обеспечивает модуляцию несущей частоты 216,5 МГц передатчика по

анодной цепи. Полученные радиосигналы от антенны *W2* передаются в эфир. Передатчик, таким образом, работает в телеграфном режиме. На панели ПМУ расположены органы управления и контроля при подготовке его к работе. В ПМУ расположена и схема *G* светомаячка, аналогичная схеме в ПМУ ГМ-32.

В приемной части ГМ-33 имеются одинаковые с приемной частью ГМ-32 блоки: антенно-фидерное устройство, поворотное устройство, щит питания, агрегат АМГ-3А, приемник и осциллограф С1-5. В отличие от ГМ-32, в блоке питания располагается узел управления поворотной частью с антенной. На одной стойке (рис. 119) собраны блок управления антенной и приемник. Принципиальные схемы обоих блоков аналогичны с ГМ-32; одинакова конструкция приемника. От приемника сигналы с информацией об измеряемых параметрах течения поступают на регистратор (рис. 120).

В радионаправлении «буй—судно» или «буй—берег» для каждого из двух датчиков используются одновременно два канала: частотно-импульсный для передачи информации о скорости течения и фазово-импульсный — для передачи информации о направлении течения. Блока преобразования частоты (БПЧ) в этом комплекте не требуется, так как частоты импульсов в данной системе телеизмерения очень низкие, поэтому временные промежутки между ними легко измеряются прямо на ленте регистратора, где они получаются в форме П-образных отметок. Отстояние «импульсов направления» от опорных для фазово-импульсного метода модуляции при передаче информации о направлении течения также измеряются на ленте.

Регистратор ГМ-33 (рис. 120) имеет в лентопротяжном механизме съемную кассету с двумя катушками, заряженными телеграфной лентой. Регистрация производится двумя пишущими перьями — по одному на датчик. Механические переключатели обеспечивают три скорости протяжки ленты — 5, 15 и 30 мм/с с помощью гистерезисного электродвигателя *M* (рис. 121).

П-образный импульсный сигнал от приемника ГМ-33 поступает на релейно-контактную промежуточную группу *K1—S1* и через переключатель *S4* — на электромагнит *Y1*, который заставляет перо № 1 записать на ленте П-образную отметку во время ее протяжки.

Для проверки радиосигнала возможно подключение осциллографа *P*. Фильтр *Z* защищает промежуточное реле *K1* от ложного срабатывания при помехах радиоприему. Электродвигатель *M* обеспечивает протяжку ленты в кассете. Он питается

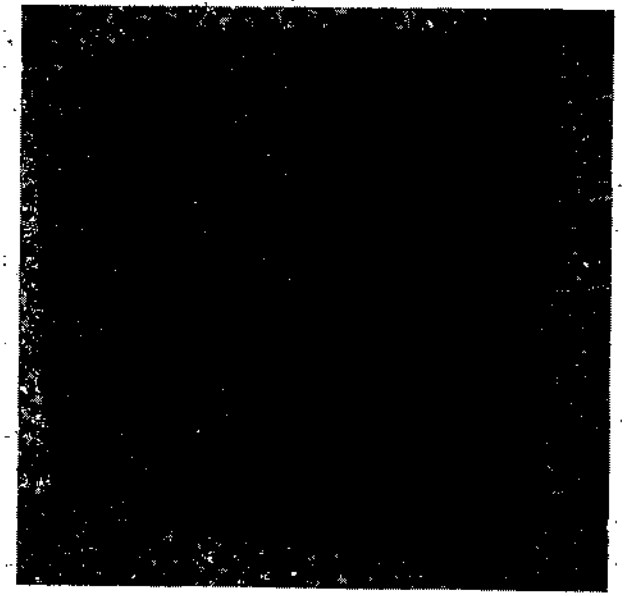


Рис. 119. Приемная часть радиоизмерителя течений ГМ-33.

1 — блок управления антенной (БУА); *2* — приемник.

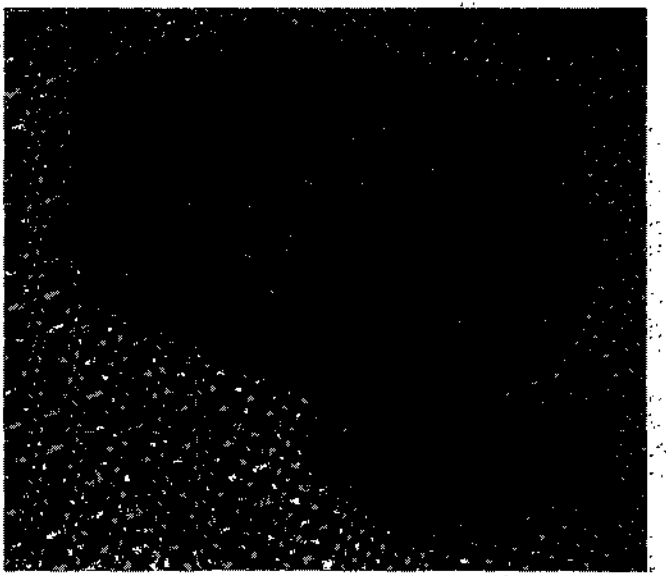


Рис. 120. Регистратор течений измерителей ГМ-33 и ГМ-45.

1 — каркас; *2* — наматывающая катушка; *3* — ведущий ролик; *4* — перья; *5* — дверца; *6* — лента; *7* — прижимной ролик; *8* — сматывающая катушка; *9* — стопик.

от сети переменного тока 110 В. От сети же питается выпрямительный узел *G* для питания электромагнита *Y1*.

В отличие от радиобуя ГМ-32, в комплекте ГМ-33 радиобуй ставится на якорь. Постановка на якорь радиобуя ГМ-33 производится по правилам и рекомендациям, приведенным в главах 20 и 21 «Руководства по гидрологическим работам в океанах и морях» (Л., Гидрометеоиздат, 1977 г.).

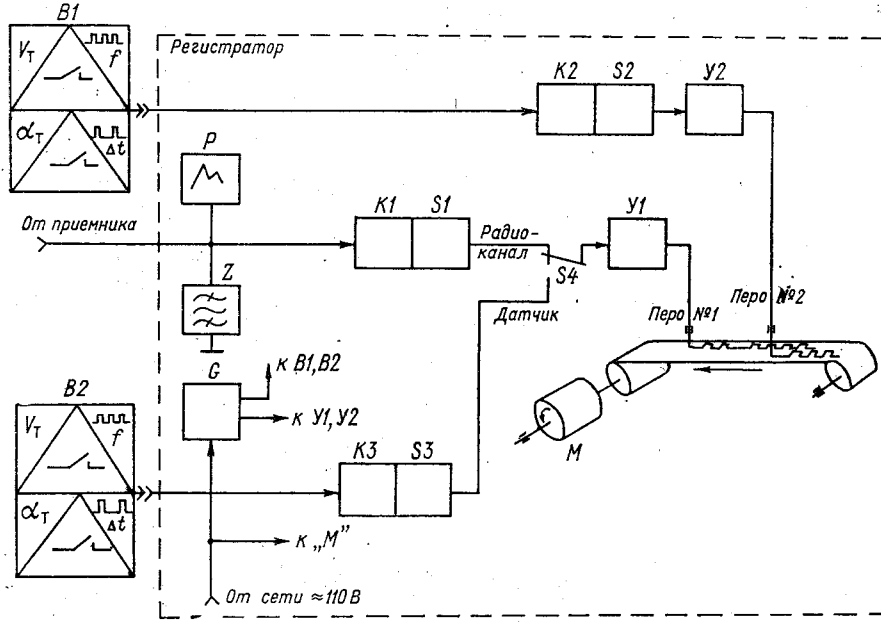


Рис. 121. Функциональная схема регистратора ГМ-33 и измерителя течений ГМ-45.

Кроме варианта ГМ-33, может быть использован вариант судового дистанционного самописца течений ГМ-45 (рис. 121). В этом варианте радиопередатчика и приемника не требуется: два датчика *B1* и *B2*, подвешенные кабелем за бортом судна, стоящего на якоре, связаны проводной линией связи непосредственно с регистратором, который устанавливается в судовой лаборатории. Те же два канала информации от каждого из двух датчиков пропускают импульсы постоянного тока. Датчики могут располагаться на разных горизонтах до 250 м. При этом датчик *B1* обеспечивает через релейную группу *K2—S2* и электромагнит *Y2* запись отметок на ленте пером № 2, которое сдвинуто по ширине ленты относительно пера № 1. Датчик *B2* обеспечивает такое же действие пера № 1 при положении

переключателя *S4* «датчик». Электроконтактные цепи датчиков в варианте ГМ-45 и электромагнитов питаются от выпрямительного узла *G*.

Размещение блоков ГМ-33 сходно с расположением блоков ГМ-32. Радиобуй при длительных перерывах между измерениями хранится на палубе отдельными, прочно закрепленными узлами — поплавок, рама, мачта, такелаж. Датчик, контейнер, передатчик, ПМУ и батареи питания хранятся в сухих отапливаемых помещениях.

22.6. Подготовка ГМ-33 (ГМ-45) к измерениям. Производство измерений

Сборка радиобуя начинается заблаговременно перед измерениями — на палубе судна. Должна быть предусмотрена надежность креплений и соединений всех элементов конструкции. Проверяют срок службы и пригодность элементов питания. Контейнер собирается по схеме соединений в «Инструкции по эксплуатации ГМ-33». Далее для подготовки измерителя к измерениям необходимо выполнить следующие операции. Осмотреть и проверить ПМУ и передатчик; установить передатчик на мачте радиобуя. Герметично закрыть контейнер. Горловина закрывается окончательно после полной подготовки измерителя. Далее следует заполненный маслом датчик проверить на герметичность нажатием на сильфон: проверить, не вытекает ли масло из корпуса; установить обтекатель, оперение и противовес. Особое внимание следует уделить полной герметичности соединения кабеля с датчиком. С помощью омметра проверить работоспособность датчика при вращении вручную крыльчатки.

В приемной части подготовка блоков ГМ-33 сходна с подготовкой приемной части ГМ-32: щит питания, БУА, поворотное устройство и приемник готовятся одинаково. Отличие заключается в том, что не требуется выполнять градуировку прибора: график или таблица статической характеристики датчиков прилагается в формуляре прибора. После включения питания проверяется работа регистратора с кассетой, заряженной лентой для записи. Проверяется стабильность скорости протяжки ленты по секундомеру и отметкам на ленте при всех трех скоростях. Для проверки в действии всего комплекса необходимо выполнить следующее. Включить питание ПМУ и проверить напряжения на контрольных гнездах. Переключить режимы работы — «программа», «непрерывный», проверить срабатывание соленоида и ход часового механизма. В режиме «непрерывный» настраивают приемную аппаратуру; для этого надлежит контактную стрелку прибора привести в сектор № 4,

считая от большого против часовой стрелки. Добиться устойчивых сигналов на экране осциллографа. В режиме регистратора «радиоканал» и «программа» ПМУ в положении контактной стрелки на секторах 2—3 и 6—7 проверить работу перьев

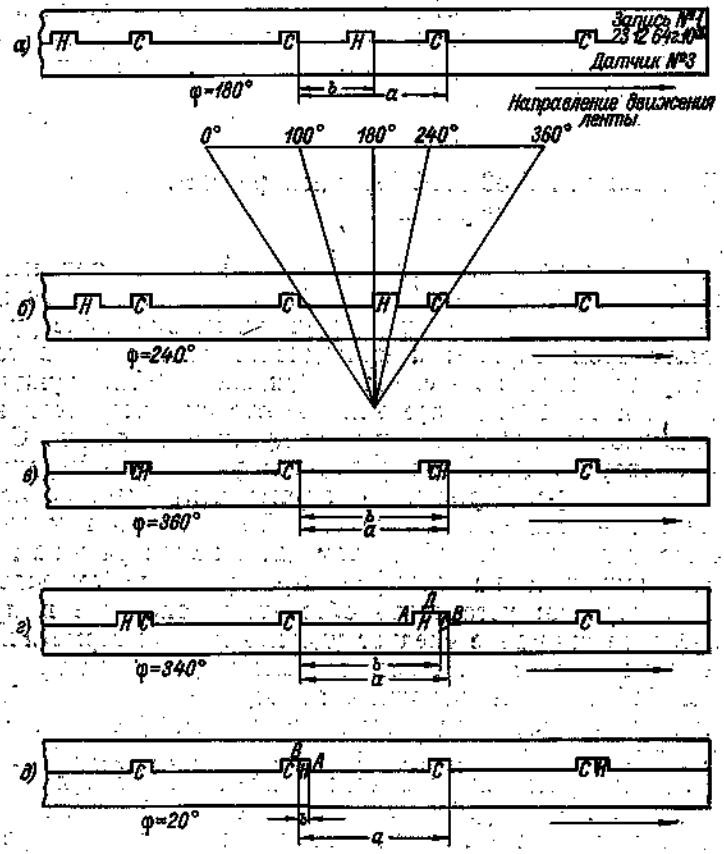


Рис. 122. Образцы ленты с показаниями измерителей ГМ-33, ГМ-45.

вращением обеих крыльчаток датчиков вручную. Светомаяк настраивается на срабатывание при закрытом отверстии для фоторезистора в корпусе передатчика регулировкой потенциометра *R1*.

За 30—45 мин до начала измерений передающее устройство приводится в рабочий режим. Вертушки надлежит выставить на ветер или опустить на некоторую глубину: проверяется устойчивость работы комплекса в целом. Если будут работать

два датчика, выставляется режим по программе ПМУ «5 мин», если будет работать один датчик или использоваться режим «непрерывный», то надо выставить режим «10 мин». Затем необходимо герметично закрыть горловину контейнера, и буй ставится на якорь в месте измерений.

Прием сигналов измерителя ГМ-33 можно осуществлять на якоре, в дрейфе или на ходу судна, а также на берегу. При измерении на верхних горизонтах для исключения влияния волнения на показания измерителя осреднение их производится за время прохождения 15—20 волн. Если волнения нет, то продолжительность измерения может быть 1—2 мин. Во время 20-минутного «радиомолчания» по программе приемную аппаратуру можно выключать. При бóльшей скорости течения выбирается и бóльшая скорость протяжки ленты регистратора. В случае, если частота напряжения питающей сети нестабильна, необходимо делать 5-минутные отметки по секундомеру на ленте, определяя при обработке показаний истинную скорость протяжки.

При производстве измерений на ленте (рис. 122 *а*) через каждые два импульса «*С*» скорости течения следует импульс «*Н*» направления течения. При производстве измерений в варианте ГМ-45 форма записи не отличается от варианта ГМ-33.

22.7. Обработка показаний измерителей ГМ-33 и ГМ-45

На ленте с показаниями измерителя отмечается номер записи, дата, номер прибора, номера датчиков, время начала и окончания измерения, горизонты. Определение скорости и направления течения производят в следующем порядке. Выбирают участок ленты с наиболее четкой записью и на нем определяют скорость протяжки. Отыскивают на ленте пары последовательных импульсов с одинаковой шириной и с наибольшими неизменными расстояниями между их задними фронтами. Это будут импульсы скорости течения; их отмечают буквой «*С*». Если направление течения находится в секторе 20—340°, то импульс направления различается по меньшему расстоянию между ним и соседним: он находится между двумя «*С*»-импульсами. Если направление течения находится в секторе 0—20 или 340—360°, то импульсы направления практически сливаются с «*С*»-импульсами через один и увеличивают их ширину. Импульсы направления, определенные для направления течения в секторе 20—340°, отмечают буквой «*Н*». Далее определяют число n «*С*»-импульсов в выбранном интервале времени Δt (например, 60 или 90 с) или подсчитывают Δt по выбранному количеству «*С*»-импульсов (например, 10 или 20 импульсов).

В графике со статической характеристикой для каждой вертушки по аргументу $n/\Delta t$ определяют скорость течения в метрах в секунду. Направление течения в секторе $\varphi = 20 \ldots 340°$ (рис. 122 *а*) определяют по формуле

$$\varphi = \frac{b}{a} \cdot 360°, \tag{39}$$

где a — расстояние на ленте между одноименными фронтами двух соседних «*С*»-импульсов; b — расстояние между одноименными фронтами заднего «*С*»-импульса и ближайшего перед ним «*Н*»-импульса.

При направлении течения на север ($\varphi = 0 = 360°$) «*С*»- и «*Н*»-импульсы совпадают через каждый один «*С*»-импульс (рис. 122 *в*). В секторе $\varphi = 340 \ldots 360°$ (рис. 122 *г*) «*С*»- и «*Н*»-импульсы сливаются, образуя один расширенный импульс — *АБ*. При этом, имея в виду, что ширина *АД* «*Н*»-импульса везде постоянна, ее измеряют на других лентах, где он отмечен отдельно. Тогда, отложив найденную ширину «*Н*»-импульса от точки *А* вперед по ходу ленты (движение ленты на рисунке — вправо), получают значение b. Направление течения определяют по формуле (39). В секторе $\varphi = 0 \ldots 20°$ (рис. 122 *д*) «*Н*»-импульс также сливается с задним из двух «*С*»-импульсов, образуя также один расширенный. В этом случае измеряют среднее расстояние $2a$ между двумя отдельными «*С*»-импульсами, отложив его от ближайшего переднего «*С*»-импульса назад на расширенный и получив точку *В*. Расстояние *АБ* будет равно значению b. Направление течения и в этом случае вычисляют по формуле (39).

Определение направления течения облегчается применением специальной прозрачной палетки (рис. 122 *б*): при совмещении двух передних фронтов «*С*»-импульсов с двумя крайними лучами палетки луч, лежащий на переднем фронте «*Н*»-импульса, указывает направление течения (на рисунке $\varphi = 240°$).

Для повышения точности определения характеристик течения и в условиях пульсирующего потока показания ГМ-33 необходимо усреднять из числа n отрезков a и n отрезков b и вычислять направление течения по формуле

$$\varphi = \frac{\sum_{i=1}^{n} b_i}{\sum_{i=1}^{n} a_i} \cdot 360°,$$

где $n = 10 \ldots 30$ в зависимости от условий измерений.

Во всех случаях истинное направление течения вычисляется с учетом магнитного склонения d (берется с навигационной

карты района) и девиации δ (берется из формуляра):

$$\varphi_{ист} = \varphi \pm d \pm \delta.$$

Методика обработки показаний регистратора ГМ-45 полностью аналогична изложенной.

Результаты обработки показаний для каждого датчика сводятся в таблицу:

Таблица обработки наблюдений, произведенных измерителем ГМ-33 (45)

Станция № 50/1. Координаты φ=70° 30′ с. ш., λ=30° 04′ в. д. Пояс 2. Начало: дата 3 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° Е. Девиация 1° Е. Скорость лентопротяжки 15 мм/с

Дата, время	Число импульсов	$\bar{a}$	$\bar{b}$	Направление течения, град		Скорость течения, см/с	Примечания
				измеренное	истинное		
22 октября							
05 56	10	29	15	186	191	40,0	
05 57	10	34	18	191	196	37,7	
. . .	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .	.
. . .	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .	

22.8. Регламентные работы. Характерные неисправности и их устранение

Цели, сроки и методы технического обслуживания измерителя ГМ-33 (ГМ-45) в целом сходны с таковыми для радиоволнографа ГМ-32. Уход за общими для этих двух измерителей блоками производится выполнением аналогичных операций. Особое внимание необходимо уделять прежде всего герметизации вертушек, контейнера, передатчика и поворотного устройства; целости резиновых прокладок под крышками. В контейнере должен быть уложен мешочек с силикагелем. Проверяется целость корпуса вертушки, плавность вращения крыльчатки, надежность работы контактов датчика. Проверяется целость и чистота контактной маски на диске ПМУ, ход часового механизма. У регистратора приемной части проверяется также надежность срабатывания всех органов управления, лентопротяжного механизма и перьев. Смазываются подвижные соединения деталей. Отказы измерителя ГМ-33 (ГМ-45) могут происходить при отклонении от нормы питающих напряжений, неисправности АФС, неправильных или ненадежных соединениях в разъемах; при неисправностях датчиков, программного устройства и передатчика. При неисправ-

ностях в электронных узлах следует проверять работоспособность ламп путем их последовательной замены. При отсутствии сигналов от радиобуя, но нормальном напряжении питания отыскивается обрыв цепи к ПМУ или заменяется передатчик. Если датчик работает, а сигналы непрерывны или нерегулярны или же появляются дополнительные сигналы, то следует проверить работу вертушек, контактов реле ПМУ. Эти процессы могут возникать также при измерении очень слабого течения. Если прекращается или прерывается временами протяжка ленты регистратора, следует проверить исправность муфты трения у привода от двигателя. В этом случае кассета с катушками снимается с фиксирующих штырей.

Кроме этих, могут возникать отказы блоков, сходные с приведенными для измерителя ГМ-32.

Вопросы и задания

1. Составить блок-схему цепи измерительных преобразований радиоволнографа ГМ-32.
2. Разъяснить особенности метода использования датчика с поплавком ГМ-32.
3. Какие необходимо выполнить условия для использования трех радиобуев при измерении?
4. Объяснить назначение узлов и элементов в программном модулирующем устройстве ГМ-32.
5. Какие блоки у измерителей ГМ-32 и ГМ-33 являются общими?
6. Составить блок-схему цепи измерительных преобразований комплекса ГМ-33 и указать, какие блоки используются в варианте ГМ-45.
7. Разъяснить особенности обработки ленты ГМ-33 для сектора 20—340°.

Глава 23

ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЙ КОМПЛЕКС ЗОНД-БАТОМЕТР

23.1. Назначение, технические характеристики и принцип действия комплекса зонд-батометр

Зонд-батометр (рис. 123) предназначен для автоматического измерения и регистрации температуры, электропроводности морской воды, гидростатического давления и автоматического забора проб воды батометрами на стандартных горизонтах. Устанавливается на экспедиционных научно-исследовательских судах, оборудованных кабельной гидрологической лебедкой и используется при производстве океанографических наблюдений, заменяя батометрические секции, опускаемые на глубины

до 2000 м. Зонд-батометр может работать в следующих режимах: зондирование, измерение на одном горизонте, градуировка и контрольный режим.

Основные технические характеристики комплекса зонд-батометр следующие. Пределы измерения океанографических

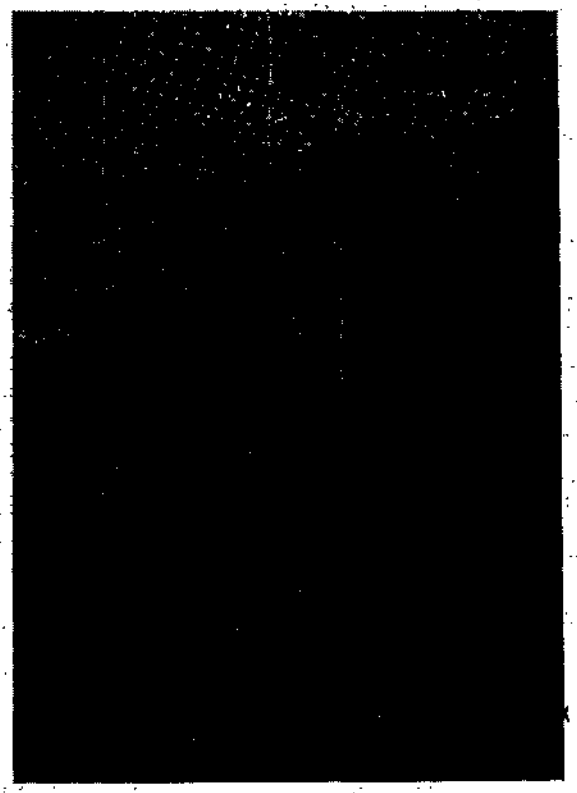


Рис. 123. Общий вид опускаемого устройства зонд-батометра.

параметров: температура воды (t) —2... +32 °С; электропроводность (γ) 1,7—7,1 См/с; гидростатическое давление P в I диапазоне 0—2,24 МПа, во II диапазоне 2,24—20 МПа; автоматический забор проб воды — на 18 горизонтах 18 батометрами БМ-48: 10, 20, 30, 50, 70, 100, 140, 200, 250, 300, 400, 500, 600, 800, 1000, 1200, 1500 и 2000 м, а также на любом другом горизонте по команде оператора до глубины 2000 м. Время измерения одного параметра 0,2 с; длительность цикла измерения при работе без батометрической секции 0,6; 1,2; 2,4;

4;8; 9,6 с, с батометрической секцией 0,8; 1,6; 3,2; 6,4; 12,8 с; длительность цикла измерения трех параметров 0,6 с, четырех — 0,8 с (четвертый — номер батометра). Дискретность измерения параметров: температуры воды — 0,01 °С, электропроводности — 0,0015 См/м, гидростатического давления — 0,01 МПа. Основная погрешность измерения параметров: температуры воды ±0,03 °С, электропроводности ±0,004 См/м, гидростатического давления: I диапазон $\pm 3{,}78 \cdot 10^{-5}$ МПа, II диапазон $\pm 3{,}05 \cdot 10^{-4}$ МПа. Скорость погружения при зондировании: 0,3—2 м/с. Зонд-батометр работоспособен при температуре окружающей среды —2... 32 °С. Потребляемая мощность без регистраторов 200 Вт. Масса опускаемого устройства 85 кг, батометрической секции 120 кг, бортового шкафа — 120 кг, пульта управления — 6 кг, выносного табло — 2 кг, кабельной лебедки — 1430 кг. Питание от сети 220 В, 50 Гц. Связь бортового устройства с опускаемым осуществляется по кабель-тросу «КПКО».

Информация, получаемая от опускаемого устройства в цифровой форме, преобразуется бортовым шкафом для передачи периферийным устройствам — регистраторам и индикаторам: ленточному перфоратору ПЛ-80 для перфорации на 5-дорожечной ленте всех параметров в двоично—десятичном коде; цифропечатающей машинке ЭУМ-23 (или ЭУМ-46) для регистрации всех параметров десятеричными числами; в комплексах ранней модификации — цифропечатающему механизму МП-16-2 для регистрации всех параметров на узком рулоне в десятеричной системе; кассетному магнитному накопителю (КНМЛ) для записи на магнитной ленте всех параметров в 7-элементном коде; автоматическому потенциометру КСП-4 (или мосту КСМ-4, либо — миллиамперметру КСУ-4) для регистрации одного параметра в аналоговой форме (температуры или электропроводности воды в функции глубины); двухкоординатному самопишущему потенциометру ПДС-021 для регистрации температуры и электропроводности в функции глубины — в аналоговой форме; цифровым индикаторам всей информации в десятеричной системе.

Зонд-батометр представляет собой автоматический телеметрический цифровой измерительный комплекс. Он содержит три основные группы функциональных блоков — опускаемое устройство (ОУ), бортовой шкаф управления (БШ) и группу периферийных устройств, которые являются самостоятельными стандартными изделиями. Управление всем комплексом производится по двум вариантам фиксированной циклической программы. При этом зонд-батометр выполняет операцию самоконтроля, по первому варианту измеряет три параметра, по второму еще производит отбор проб воды и сообщает номер батометра; в обоих вариантах сообщает о сбоях и сигнализи-

рует о попадании воды в опускаемое устройство. По команде оператора автоматически выполняется программа испытаний — тестов основных узлов. В комплексе применена частотная система телеизмерения с кодово-импульсной модуляцией несущей частоты — 11 кГц. Линия связи — проводная, в качестве провода использован кабель-трос. В канале связи используется помехозащищенный корреляционный код. Эта же линия связи служит для передачи электроэнергии в опускаемое устройство способом наложения переменного тока сетевого напряжения, 50 Гц. В измерительной цепи используются мостовые схемы и методы прямого и уравновешивающего преобразования.

Комплекс зонд-батометр состоит из следующих основных блоков: опускаемое устройство с батометрической секцией, бортовой шкаф, лебедка кабельная с кабель-тросом, пульт управления, выносное табло и комплект периферийных устройств.

Принцип действия зонд-батометра заключается в следующем. Зонд опускается с дрейфующего судна кабельной лебедкой и с помощью установленных на нем датчиков автоматически выполняет циклы измерений параметров γ, t, p и на горизонтах по программе отбирает пробы воды. Бортовым устройством задается режим зондирования; информация об измеренных параметрах отображается на цифровом табло и периферийных регистрирующих устройствах. Все операции измерения и преобразования информации в опускаемом устройстве и бортовом шкафу в цифровую и аналоговую форму выполняются при помощи электронных узлов. Конструктивная элементная база электронных устройств комплекса — интегральные микросхемы. Обработка показаний зонд-батометра, зарегистрированных на перфоленте и магнитной ленте, может производиться программно управляемыми ЭЦВМ.

23.2. Структурная схема комплекса зонд-батометр

Структурная схема комплексов (рис. 124 см. вкладку) состоит из трех основных групп блоков: опускаемого устройства (ОУ), бортового шкафа (БШ) и группы периферийных устройств регистрации и индикации.

Действие электрических цепей зонд-батометра происходит дискретно — по тактам. Процесс выполнения программы измерений можно разделить на 3 или 4 шестнадцатитактовые серии в зависимости от варианта. Измерение производится в такой последовательности. Первый вариант — измерение электропроводности, затем — температуры воды, далее — гидростатического давления. Этот вариант занимает три 16-тактовые серии. По второму варианту задается работа батометрической секции

ОУ: к первым трем операциям измерения добавляется отбор пробы воды очередным батометром; он считается условно четвертым параметром N и занимает по времени четвертую серию из 16 тактов. Взаимодействие блоков и узлов цифрового комплекса осуществляется с помощью большого числа электронных элементов, выполняющих логические функции, операции проверки и анализа кодовых комбинаций, пересчет и запоминание количества импульсов, формирование различных кодовых комбинаций, сигналов управления и др. Кодовые комбинации, посылаемые в блоки и узлы для выполнения их функций в сложных цифровых устройствах, называют также «командами», как и в схемах ЭЦВМ.

Основную функцию комплекса зонд-батометр — измерение океанографических параметров — выполняет опускаемое устройство. Измерение параметра начинается по команде «код адреса параметра» из бортового шкафа. Этот сигнал в форме кодово-импульсной комбинации на несущей частоте 11 кГц поступает в блок связи БС, где детектируется избирательным частотным детектором приемника, восстанавливаясь в форму комбинации П-образных импульсов. Из приемника этот сигнал поступает в *узел запуска развертки и проверки кода* УЗРП. В нем в 1-й и 2-й такты каждой серии импульсов выполняется проверка полученной комбинации корреляционного кода на отсутствие искажений. В 3-м такте принимается команда на запуск очередного батометра. С помощью УЗРП производится также синхронизация работы всех узлов ОУ тактовыми импульсами, привязанными по фазе к синусоидальному питающему напряжению. Кроме того, УЗРП проверенным кодом адреса управляет работой батометрической секции ОУ. Тактовые импульсы синхронизации из УЗРП поступают в *аналого-цифровой преобразователь* АЦП для запуска распределителя тактов РТ и развертки процесса измерения во времени. В контрольном режиме в 3-м такте проверяется работоспособность АЦП.

С подтверждением правильности принятого кода в режиме измерения он из УЗРП подается в *дешифратор измеряемых параметров* ДШП, который в 4-м такте управляет запуском батометров, если по программе задана работа батометрической секции. В бортовой шкаф передается сигнал о срабатывании батометра или о готовности к измерению — в контрольном режиме. В случае искажения кода адреса в УЗРП развертка и передача команды на запуск батометра запрещаются, формируется сигнал «сбой», который передается в бортовой шкаф. Там информация по сигналу «сбой» бракуется; регистрация ее в периферийных устройствах также запрещается.

С 5-го такта серии импульсов начинается процесс измерения очередного параметра. Расшифрованные в ДШП команды

необходимы для организации измерения: он выдает сигнал в АЦП, по которому формируется измерительная мостовая схема. В эту схему подключается датчик измеряемого параметра и включается нужный из *блоков импульсного питания* моста БИП. Одновременно начинает действовать блок *распределителя тактов* РТ. Он выдает в блоки управления ОУ тактовые импульсы в схему АЦП, управляет коммутацией разрядных реле в реохордах измерителя. РТ состоит из 4-разрядного двоичного счетчика, двухступенчатого дешифратора и триггерного регистра. Просчитывая поступающие на вход тактовые импульсы, счетчик по-тактно через дешифратор управляет состоянием 12-разрядного триггерного регистра. В цепи выходных шин его триггеров включены герконовые реле, контакты которых управляют включением разрядных резисторов реохорда АЦП.

В состав измерительного моста АЦП входят:

— реохорды, составленные из последовательной цепи эталонных резисторов; их включением управляют реле регистра;

— датчики параметров γ, t и p, включаемые по очереди в схему моста;

— блоки импульсного питания для соответствующих датчиков;

— *нуль-орган*, реагирующий на разбаланс мостовой схемы, НО.

Кроме того, в работе АЦП участвует *преобразователь сигналов измерительного моста* ПСМ, в котором сигнал разбаланса усиливается. Мост питается импульсным током из БИП, поэтому в ПСМ формируются тактовые сигналы, синхронизирующие работу блоков импульсного питания с остальными узлами. Из ПСМ также посылается сигнал в передатчик, запрещающий его работу в момент измерения. Образцовые резисторы реохорда подобраны в соответствии с «весами» разрядов двоичного числа по соотношению: 2^{11}, 2^{10}, 2^9, 2^8, 2^7, 2^6, 2^5, 2^4, 2^3, 2^2, 2^1, 2^0. Ступени реохорда, соответствующие разрядам двоичного числа, включаются по-тактно герконами, начиная со старшего разряда — 2^{11}. При этом измерительный мост может быть *недобалансирован*: измерение не закончено. Нуль-орган на это состояние моста реагирует выдачей сигнала «—» в *узел кодирования информации* УКИ. В свою очередь УКИ преобразует этот сигнал в код, соответствующий «1» данного разряда двоичного числа. В следующем такте регистр включает очередной разрядный резистор реохорда, соответствующий «весу» 2^{10} и так далее до последнего разряда — 2^0. В каждом такте работы АЦП в случае недобалансирования мостовой схемы производится кодирование очередного разряда двоичного числа в УКИ. Если же в каком-либо разряде при включении рези-

стора реохорда произошло *перебалансирование* измерительного моста, нуль-орган реагирует на это состояние выдачей в узел кодирования сигнала «+»; УКИ преобразует его в код, соответствующий «0» данного разряда двоичного числа. Одновременно из УКИ в аналого-цифровой преобразователь посылается команда на *выключение* данного разрядного резистора, с тем чтобы вернуть мост в состояние *недобаланса.* В очередном такте вместо выключенного резистора регистр таким же порядком включает последующий — меньшего «веса» и т. д. В результате работы АЦП в последнем 16-м такте измерение параметра и формирование в УКИ двоичного кода измеряемого значения параметра заканчивается: он поступает в передатчик блока связи и далее по линии связи в бортовое устройство. Начинается очередная серия из 16 тактов, отличающаяся от предыдущей только тем, что измеряется следующий параметр. В процессе измерения гидростатического давления p участвует *узел определения диапазона глубин* УДГ. Он реагирует на состояние регистра АЦП, соответствующее глубине 224 м: по достижении этой глубины УДГ подает команду в узел датчиков на включение датчика второго диапазона.

Передачей информации о последнем параметре цикл измерения заканчивается. После выбранной заранее паузы между циклами они повторяются в таком же порядке.

В передатчике ОУ, работающем на несущей частоте 11 кГц, она модулируется импульсным кодом измеренных параметров. При попадании воды в баллон замыкается цепь управления передатчиком — он автоматически переходит в режим непрерывной генерации, сигнализирующей об аварии в бортовой шкаф. Работа измерительной схемы жестко привязана по времени к фазе питающего напряжения: опрос и анализ состояния в АЦП производится в моменты, когда значение напряжения питающей сети проходит через нуль. Благодаря этому снижается вероятность помех в схеме. Для обеспечения стабильности работы АЦП ответственные элементы моста для измерения температуры помещены в термостат. В *блоке питания* БП формируются необходимые для схем ОУ напряжения постоянного тока. Так, для запуска батометров импульс тока 2 А, 27 В с выдержкой времени для срабатывания электромагнита в механизме управления подается по команде от ДШП в батометрическую секцию. Блок питания БП содержит формирователь меандра из сетевого напряжения с ограничителем амплитуды; он используется для синхронизации работы узлов ОУ.

Бортовой шкаф формирует команды управления, принимает информацию из ОУ и преобразует ее в формы, используемые соответствующими регистраторами и индикаторами. БШ также

выполняет функции контроля за исправностью ОУ и блоков преобразования информации. Полный цикл работы БШ также состоит из трех или четырех 16-тактовых серий и выполняется одновременно с работой ОУ.

В 1-м и 2-м тактах для ОУ формируется код команды адреса на измерение параметра. В 3-м такте в контрольном режиме выполняется контрольная операция в ОУ: вместо датчика параметра в АЦП подключается контрольный резистор. В 4-м такте из ОУ принимается сигнал о готовности к измерению или ответ о срабатывании батометра. С 5-го по 16-й такт из ОУ принимается информация о первом измеренном параметре γ. Далее 16-тактовая серия повторяется с той лишь разницей, что с 5-го по 16-й такт измеряется параметр t. В третьей 16-тактовой серии измеряется параметр p. Если задается работа батометрической секции, то в 4-й серии сообщается номер сработавшего батометра N.

Все команды из БШ в опускаемое устройство передаются корреляционным кодом через блок связи БС, где несущая частота передатчика модулируется по кодово-импульсному методу.

16-тактовые серии импульсов формируются с помощью *формирователя синхроимпульсов и распределителя тактов* ФСРТ. Периодичность циклической работы БШ можно изменить по заданию с *пульта управления* ПУ. Измерение параметров в очередности γ—t—p—N или только γ—t—p начинается с формирования команды управления «пуск» на образование в ОУ мостовой схемы для измерения электропроводности γ (γ-моста). В ответ на эту команду из ОУ поступает сигнал о готовности — «01» или «10». При получении сигналов «11» или «00», отсутствующих в комбинациях корреляционного кода, БШ реагирует на них формированием сигнала «сбой»; он указывается на ПУ индикаторной лампой. По готовности ОУ к измерению следует информация о первом параметре в форме последовательного двоичного кода. Она поступает в *блок формирования запуска и контроля* БФЗК. С участием распределителя тактов и *блока счетчиков* БСЧ эта информация преобразуется в параллельный, а затем в число-импульсный код, который направляется в блоки управления периферийными устройствами: блок управления перфорацией (БУП), блок управления магнитофоном (БУМ), блок управления цифропечатающей машинкой (БУЦ), блок управления регистраторами аналогового сигнала (БУА) и блок управления индикаторами (БУИ). Одновременно с формированием число-импульсного кода параметра γ из БФЗК в опускаемое устройство передается команда на образование очередного t-моста. Аналогично с началом преобразования кода t в число-импульсный в БФЗК формируется команда для образования

p-моста. Процесс приема и преобразования информации о параметре *p* одинаков с предыдущим. Кроме того, сообщение о глубине запоминается в субблоке счетчиков и *регистров памяти* РП для определения стандартного горизонта и формирования в *блоке—дешифраторе глубин* ДГ команды на запуск батометра. Эта команда может также подаваться с ПУ сигналом «ручной пуск батометра» по желанию оператора. Во время приема информации о номере сработавшего батометра из БШ в ОУ снова передается команда на образование γ-моста и весь цикл измерений повторяется с заданной периодичностью.

С подачей из ПУ сигнала «контроль» БФЗК формирует команду в ОУ на образование моста для измерения контрольного параметра. В этом случае сигнала «сбой» не формируется. По команде «стоп» от ПУ работа блоков автоматики управления прекращается с измерением последнего параметра в цикле. По сигналу «вода в баллоне» от ОУ или при искажениях в линии связи в БШ формируется команда на включение сигнальной лампы на пульте; преобразование кодов автоматически запрещается.

В режиме измерения 4 параметров на ленте ЭУМ-23 информация печатается в форме: АААА␣ ВВВВ ␣ СССС␣ ␣ 00DD ␣␣АААА... В режиме измерения трех параметров печатается: АААА ␣ВВВВ␣ СССС ␣␣АААА...

В блоке преобразования информации из цифровой формы в аналоговую (БУА) используется обратное преобразование — «код—аналог» с помощью разрядной сетки с резисторами, управляемой триггерным регистром. Предусмотрена возможность искусственно смещать перо самописца по оси ординат (сдвигать диапазон) и согласовывать показания с помощью регулятора «грубо», «точно».

Блок управления КНМЛ (БУМ) обеспечивает в режиме 3 параметров запись 17 байтов информации, а в режиме 4 параметров — 22 байта. 7-элементный код с дополнительным восьмым элементом для проверки на четность реализует защиту от искажения в комбинациях. Форма записи предусматривает реализацию стандартного интерфейса (канала связи) при использовании ЭЦВМ для обработки показаний зонд-батометра.

Для проверки работоспособности периферийных устройств, узла ДГ, узлов тактовой синхронизации и формирования команд предназначается *блок имитатора* БИ. Он формирует тестовые команды и сообщения в форме последовательных 12-разрядных двоичных чисел, которые подаются на вход передатчика, а с него — снова на приемник; далее они обрабатываются в таком же порядке, что и обычная информация. Результаты тестов регистрируются всеми периферийными устройствами. Прекращение формирования тестовых комбина-

ций осуществляется сигналом «стоп» из ПУ. В результате на ленте перфоратора должна быть пробита правильная последовательность чисел: 0135, 2468, 0097, 0000. На ленте КСП-4 или ПДС-021 фиксируются точки, соответствующие полному диапазону измерения параметров: 0, 85, 170, 255. Проверка узлов индикации производится засветкой десяти чисел. Правильность работы узла стандартных горизонтов производится указанием четырех горизонтов с индикацией сигнальной лампой. Сбой в работе узла тактовой синхронизации также указывается индикаторной лампой. Предусмотрена возможность набора тумблерами произвольной тестовой комбинации для проверки цифропечатающей машинки ЭУМ-23.

Для получения высокостабильного напряжения в блоках питания БП в бортовом шкафу применены транзисторные стабилизаторы компенсационного типа. Для защиты от короткого замыкания при обрыве линии связи или понижении бортового напряжения ниже нормы применены схемы быстродействующей защиты с сигнализацией лампами «обрыв 220 В», «КЗ 220 В».

23.3. Конструкция опускаемого и бортовых устройств управления зонд-батометром

Опускаемое устройство представляет собой баллон (рис. 123) с крышками. К верхней крышке крепятся датчики температуры, электропроводности и гидростатического давления. Последний расположен на внутренней стороне крышки. От случайных повреждений баллон предохраняется ограждением. Резистивным датчиком температуры воды является стандартный электротермометр ЭТС-2У с защитной оправой. Индуктивный датчик электропроводности — трансформатор, в котором индуктивная связь между обмотками зависит от сопротивления объемного витка морской воды. Катушки трансформатора помещены в корпус из нержавеющей стали с отверстием в кварцевой трубке для прохождения воды. Потенциометрический датчик гидростатического давления для I диапазона — стандартный «ДТМ-25»; датчик для II диапазона — также стандартный «МД-200Т». Первый имеет защиту от перегрузки давлением: на глубине 224 м подпружиненный шарик перекрывает вход масла к диафрагме датчика. Оба датчика ввернуты в верхнюю крышку баллона. Рабочие полости их изолированы от морской воды сильфонами из нержавеющей стали, залитыми маслом. На нижней крышке баллона прикреплена стойка этажерочного типа для размещения электронных блоков. Блоки — в микромодульном исполнении на стеклотекстолитовых платах с разъемами. Батометрическая секция предназначена для крепления,

запуска и снятия 18 батометров БМ-48 с незначительной доделкой их для крепления их в секцию. Предусмотрена также возможность установки шести оправ с глубоководными термометрами ТГ и термоглубомерами ТГМ для контрольных замеров температуры воды и глубины в момент срабатывания батометров на шести горизонтах. Эти дополнительные приборы предназначаются для производства градуировки каналов зонд-батометра. По достижении глубины по программе или по сигналу оператора из БШ подается команда в ОУ на срабатывание батометра, по которой на электромагнит специального механизма управления батометрической секцией подается импульс тока. Приводится во вращение храповое колесо механизма на один зубец и кулачок освобождает взведенный рычаг батометра. Под действием пружины поворачиваются крановые затворы батометра, закрывая щелевые отверстия для прохода воды; освобождается верхний конец рамы — опрокидывается контрольный термометр.

Электромагнит с храповым колесом помещен в герметичный корпус, залитый маслом, а вал с фиксатором выведен наружу. Механизм управления соединен со схемой опускаемого устройства кабелем с герметичными вводами. Конструкция ОУ допускает разборку, ремонт и настройку блоков и датчиков со снятым баллоном.

Бортовой шкаф предназначен для размещения блоков управления в пяти секциях. Конструкция блоков также предусматривает изъятие их из шкафа для осмотров и ремонтов, а также регулировок. Исполнение блоков — микромодульное, на стеклотекстолитовых платах. Блоки питания — специальной конструкции, частично с объемным монтажом. Межблочные соединения выполнены с помощью разъемов и жгутов.

Пульт управления предназначен для выбора режимов работы комплекса, отображения важнейших нормальных процессов работы, а также — аварийных ситуаций индикаторами на световом табло. На пульте настенной конструкции расположены органы включения основных блоков — ОУ и БШ, а также периферийных устройств. Здесь же имеются органы подготовки зонд-батометра к работе и задания контрольного режима.

Настенное выносное табло в водонепроницаемом исполнении предназначено для индикации глубины погружения зонда, сигнализации о включении комплекса и подключения телефона для связи с оператором у пульта управления. Выносное табло можно установить на расстоянии до 200 м от пульта управления.

23.4. Монтаж комплекса зонд-батометр на судне. Регламентные работы

Размещение блоков комплекса зонд-батометр на судне определяется удобством и безопасностью забортных работ, зависит от оснащенности судна, его размеров, а также расположения океанографической и гидрохимической лабораторий. Специализированная проектная организация разрабатывает проект размещения комплекса, который согласуется в ЦКБ ГМП. Опускаемое устройство устанавливается в сборе с батометрической секцией на деревянной подушке около лебедки и в походном положении закрепляется. Место установки выносного табло должно обеспечивать наблюдение за показаниями и одновременно управление лебедкой. Бортовой шкаф, пульт управления и периферийные устройства размещаются в океанографической лаборатории с учетом возможности их ремонта. Рабочие места оператора в лаборатории и руководителя работы у лебедки снабжаются телефонной связью. Установка, включение, настройка комплекса с двухсуточным прогоном аппаратуры производятся специалистами ЦКБ. Прокладка кабелей для комплекса выполняется также силами ЦКБ.

Во время эксплуатации зонд-батометра должны проводиться следующие регламентные работы: промывка контактов разъемов спиртом — раз в месяц; внешний осмотр опускаемого устройства — перед каждым погружением; внутренний осмотр ОУ — во время каждой разборки и не реже раза в три месяца; промывка датчиков давления спиртом — в тот же срок; смена масла в корпусе механизма управления батометрической секции — раз в год и после каждого зондирования; замена резиновых уплотнителей — раз в полгода.

Разгерметизация опускаемого устройства требует немедленной тщательной промывки всех элементов пресной водой, а затем спиртом с последующей сушкой.

23.5. Производство измерений и обработка результатов зондирования

Периферийные устройства комплекса зонд-батометр не имеют шкал с числовыми отметками единиц измерения параметров γ, t, p. Поэтому необходима градуировка датчиков. На носителях информации при работе комплекса фиксируются лишь условные единицы кода. При обработке результатов зондирования условные показания должны быть переведены в истинные значения параметров по специальной методике.

Градуировка датчиков производится в судовых условиях сравнением показаний X_i зонд-батометра с показаниями Y_i рабочих эталонов. При градуировке датчиков давления в качестве эталонных данных используются сведения из их технических паспортов. Рабочими эталонами для датчика температуры воды являются глубоководные термометры, опускаемые вместе с батометрами. Рабочим эталоном для датчика электропроводности является электросолемер ГМ-65, показания которого могут быть пересчитаны в электропроводность по специальным формулам или номограммам на основании результатов лабораторных определений солености контрольных проб, отобранных батометрами при градуировке. По результатам сравнений рядов X_i и Y_i устанавливается линейное уравнение вида $Y = aX + b$. Это выполняется графическим сопоставлением рядов X_i и Y_i или просчитывается методом регрессивного анализа на ЭЦВМ. Программа вычислений такая. Находятся значения $\overline{X}$ и $\overline{Y}$ по формуле (3), затем — $\sigma(X)$ и $\sigma(Y)$ по формуле (6). По этим значениям вычисляется коэффициент регрессии:

$$r = \frac{\sum (X_i - \overline{X})(Y_i - \overline{Y})}{\sigma(X) \cdot \sigma(Y) \cdot n}.$$

Далее рассчитываются коэффициенты линейного уравнения:

$$a = r \frac{\sigma(Y)}{\sigma(X)}; \qquad b = r \frac{\sigma(Y)}{\sigma(X)} \overline{X} - \overline{Y},$$

а по ним — статическая характеристика датчиков:

$$Y = aX_i - b.$$

Паспортные данные датчика I диапазона проверяются по показаниям блок-счетчика и длине маркированного троса. Датчик II диапазона проверяется при помощи термоглубомеров ступенями через 20 м. Градуировка датчика температуры производится в слоях с однородным распределением температуры по вертикали. Зонд выдерживают на горизонтах 5—7 мин, регистрируют показания, каждый раз закрывают 3 батометра и опрокидывают 4 глубоководных термометра. Так получают материал для градуировки датчиков и температуры, и электропроводности. Показания глубоководных термометров обрабатывают обычным методом, известным из практики в океанографии.

Для градуировки датчика электропроводности пользуются тремя контрольными пробами, отобранными при градуировке датчика температуры. Расчетные значения электропроводности получают по результатам измерений солености.

Измерения с помощью комплекса зонд-батометр выполняются двумя участниками. Сначала два оператора выводят опускаемое устройство за борт. С момента начала спуска один управляет лебедкой, а второй наблюдает за процессом в лаборатории у пульта управления и следит за работой периферийных устройств. С окончанием зондирования оба оператора обеспечивают постановку опускаемого устройства на палубу. Работа производится в следующем порядке.

Проверяется состояние опускаемого устройства, батометрической секции, лебедки и кабеля, бортовой управляющей аппаратуры и периферийных устройств. Настраиваются регистраторы согласно инструкциям по эксплуатации, комплекс опробуют в контрольном режиме с помощью блока имитации, устанавливаются батометры на батометрическую секцию, взводятся рычаги механизма управления. Опускаемое устройство заваливают за борт кран-балкой, погружают на глубину 1,5 м для выравнивания температуры корпуса с температурой воды (от 2 до 30 мин). Блок-счетчик переводится в показание «нуль». Включают периферийные устройства для прогрева, бортовой шкаф; на лентах регистраторов отмечают сведения — дату, номер станции и глубину места, а также данные для макета подготовки ввода материалов в ЭЦВМ. Запускают комплекс в режим зондирования, одновременно начав спуск со скоростью не более 2 м/с в зависимости от значений градиентов параметров по глубине. По окончании спуска отмечается время и выясняются результаты срабатывания батометров на выбранных горизонтах. Начинают подъем зонда со скоростью не более 2,5 м/с и одновременный отбор проб воды на недостающих горизонтах по команде оператора с пульта управления. На глубине 100 м и выше скорость подъема снижают до 1 м/с. С подъемом на поверхность выключают периферийные устройства, бортовой шкаф, а опускаемое устройство устанавливают на палубу и закрепляют.

При измерениях на одном горизонте бортовая аппаратура включается после спуска на горизонт и выключается перед подъемом. Во время выдержки на горизонте за счет дрейфа судна зонд может также дрейфовать по вертикали, поэтому по показанию значений глубины необходимо манипулировать лебедкой, сохраняя нужную глубину опускаемого устройства.

Зондирование до глубины 2000 м занимает 50 мин, а при значительной стратификации вод может занять вдвое-втрое большее время.

Переход от показаний зонд-батометра к физическим параметрам — электропроводности воды, температуре и гидростатическому давлению — может быть произведен по номограммам для ручной обработки показаний, когда нет возможности

применить их машинную обработку. Машинная обработка требует составления программы расчетов. По этой же схеме возможна и ручная обработка показаний. Схема расчетов следующая.

Показания об электропроводности воды γ выражаются числами от 0000 до 4035: $\gamma_п = (0000 \div 4035)$. Величина $\gamma_п$ пересчитывается в значение электропроводности по формуле $\gamma = a_\gamma \gamma_п + b_\gamma$, где a_γ и b_γ — коэффициенты линейного уравнения, полученного при градуировке датчика электропроводности.

Показания о температуре t выражаются числами $t_п = (0000 \div 4000)$, которые пересчитываются в истинное значение температуры воды по формуле $t = a_t t_п + b_t$, где a_t и b_t — коэффициенты линейного уравнения, полученного при градуировке датчика температуры.

Показания о гидростатическом давлении выражаются числами $p_п = (0000 \div 2500)$. Они пересчитываются в значения истинного гидростатического давления по данным формуляров датчиков с учетом интерполяции.

Результаты градуировки каналов и производства измерений могут быть обработаны с помощью программно-управляемой ЭЦВМ, например «Минск-32», или мини-ЭЦВМ, например программной клавишной ЭЦВМ «Искра-1250» (или ее модификациями — «Искра-1252», «Искра-1256»). Для обработки на ПКЭЦВМ «Искра-1250» в распоряжении оператора должна быть разработанная заранее программа обработки; она записывается на магнитных картах специальным машинным языком, близким к общепринятому математическому: используется скобочная запись арифметических выражений и легко запоминающиеся символы для алгебраических и логических операций. Машина контролирует правильность составленной программы, ход вычислений; выводит на экран для прочитывания участки программы, содержащие ошибки, которые можно исправлять. К «Искре-1250» подключается блок кассетного накопителя (КНМЛ) для ввода и вывода информации и программы. Печать выполняется на узком рулоне. Возможно подключение к цифровым измерительным преобразователям, координаторам для синхронной регистрации поступающей в машину информации с одновременной ее обработкой. При использовании ПКЭЦВМ с готовой программой обработки показаний зонд-батометра (или другого цифрового измерителя) действия оператора сводятся к выполнению простых операций включения программы на клавиатуре машины. Время просчета машиной массива показаний очень мало́, поэтому применение машины особенно эффективно с одновременной печатью результатов измерений.

Вопросы и задания

1. Каковы отличия в принципе действия зонд-батометра от радиотелеметрических ЭОИП старшего поколения?
2. Каков принцип действия аналого-цифрового преобразователя в опускаемом устройстве зонд-батометра?
3. Какие функции выполняет бортовой шкаф зонд-батометра?
4. Каким образом предотвращаются ложные показания зонд-батометра?
5. Какова последовательность автоматических операций, выполняемых бортовым шкафом в течение цикла измерений?
6. Как организуется зондирование комплексом зонд-батометр?
7. Как производится градуировка канала температуры комплекса зонд-батометр?
8. Каким образом следует выполнять пересчет показаний зонд-батометра в истинные значения величин γ, t, p?
9. Объяснить, в чем заключается преимущество использования мини-ЭВМ при обработке показаний зонд-батометра перед другими способами?

Глава 24

АВТОМАТИЧЕСКИЙ ЦИФРОВОЙ ИЗМЕРИТЕЛЬ АЦИТ

24.1. Назначение, технические характеристики и принцип действия автономного цифрового измерителя АЦИТ

Автономный цифровой измеритель океанографических элементов АЦИТ предназначен для автоматического измерения и регистрации направления и скорости течения, температуры, электропроводности и гидростатического давления воды в морях на глубинах до 6000 м.

АЦИТ может работать в одном из двух режимов:

а) *автономный режим.* При этом измеритель неподвижен относительно дна моря. Параметры измеряются в следующей последовательности:

— контрольный параметр — для установления факта исправности измерителя в работе;

t — температура воды;

$\mathfrak{R}$ — электропроводность воды;

V^{I} — первый компонент скорости течения;

V^{II} — второй компонент скорости течения;

κ — угол отклонения оси измерителя от вертикали;

γ^{I} — первое значение угла ориентации прибора относительно магнитного меридиана;

γ^{II} — второе значение такого же угла ориентации прибора;

p — гидростатическое давление воды;

— б) *режим зондирования.* При этом измеряются только следующие параметры:

— контрольный параметр;
T — температура воды;
$\varkappa$ — электропроводность воды;
P — гидростатическое давление воды.

Остальные параметры измерить при зондировании невозможно, так как прибор подвешен на тросе и перемещается по вертикали.

Основные технические и метрологические характеристики: Информация об измеренных параметрах регистрируется на магнитной ленте в опускаемом устройстве (в дальнейшем изложении — АЦИТ), а передаваемая по гидроакустическому каналу связи высвечивается на цифровом табло и может распечатываться на телетайпной ленте с помощью устройства обработки данных (в дальнейшем изложении — УОД) на борту судна. Задаваемая цикличность измерений в автономном режиме — 30, 300, 900, 1800 и 3600 с, в режиме зондирования — 2 и 30 с. Длительность цикла измерений 25 с. Максимальная погрешность хода электронных часов за сутки 2 с. Питание прибора АЦИТ постоянным напряжением 9 В обеспечивается комплектом из 12 сухих элементов типа 373. Емкость комплекта источников питания и магнитного накопителя с кассетой МК-60 обеспечивает 5000 циклов, а с кассетой МК-120 — 10 000 циклов измерений. Дальность гидроакустической связи — не менее 2000 м. Масса АЦИТа 40 кг; размеры его: высота 1,4 м, диаметр 0,3 м. Бортовое устройство УОД питается от сети напряжением 220 В, 50 Гц или от источника постоянного тока напряжением 12 В. Габариты УОД $435 \times 300 \times 200$ мм; масса 15 кг. Связь между АЦИТом и УОД осуществляется на частоте 20 кГц в полосе пропускания канала 0,5 кГц. Метод модуляции при передаче информации кодово-импульсный. Возможна индикация полученной информации на цифровом табло номера параметра и кодового значения в восьмеричном исчислении с последующей обработкой полученной информации с помощью программной ЭЦВМ или вручную — с помощью таблиц формуляра. В качестве ЭЦВМ могут применяться серийные машины «Минск-32», а также «мини-ЭВМ» типа «Искра-125» или ее модификации «Искра-1252», «Искра-1256» при наличии сменных плат в бортовом устройстве УОД.

Измеритель АЦИТ может использоваться в судовых, ледовых условиях опусканием его с помощью лебедки, а также постановкой на заякоренном буе, например, стандартной буйковой станции ГМ-46. По структуре АЦИТ модификации 1976 г. является автоматическим цифровым измерителем (рис. 125). В режиме «автономный» включается вся группа датчиков *1—7*. Контрольный параметр необходим для проверки исправности всего прибора. Выходная величина всех первичных измерите-

Измеряемый параметр	Пределы измерения и поддиапазоны	Единицы измерения	Предел допускаемой абсолютной погрешности прибора	Динамическая характеристика (постоянная времени канала)	Номинальная цена деления на единицу кода	Дополнительная погрешность при изменении напряжения питания от 9 до 6,5 В (под знаком дроби — в единицах кода)	Дополнительная погрешность при изменении температуры окружающей среды от −2 до +40 °С (под знаком дроби — в единицах кода)
Температура воды t	(−2)—(+36)	°С	±0,07	7 с (зонд) 180 с (автон.)	0,01	0,02/2	0,02/2
Электропроводность воды γ	I) 0—3,5 II) 3—6	См/м	$\pm 2 \cdot 10^{-3} \pm 4 \cdot 10^{-3}$	—	$0{,}855 \cdot 10^{-3}$	$2{,}6 \cdot 10^{-3}/3$	$9 \cdot 10^{-3}/10$
Скорость течения V	0,03—2	м/с	$\pm 0{,}03 + 0{,}1\ V$	300—3600 с	В зависимости от цикличности	—	—
Угол отклонения оси измерителя от вертикали	0—0,524 0—30	рад град	±0,09 ±5	180 с	0,0006	—	—
Гидростатическое давление p	0—60	МПа	±0,6	—	—	не норм.	не норм.
Направление течения α	0—6,283 0—360	рад град	±0,18 ±10	—	0,002 0,1	—	—
Контрольный параметр	Постоянное значение	единица кода	1	—	1	—	—

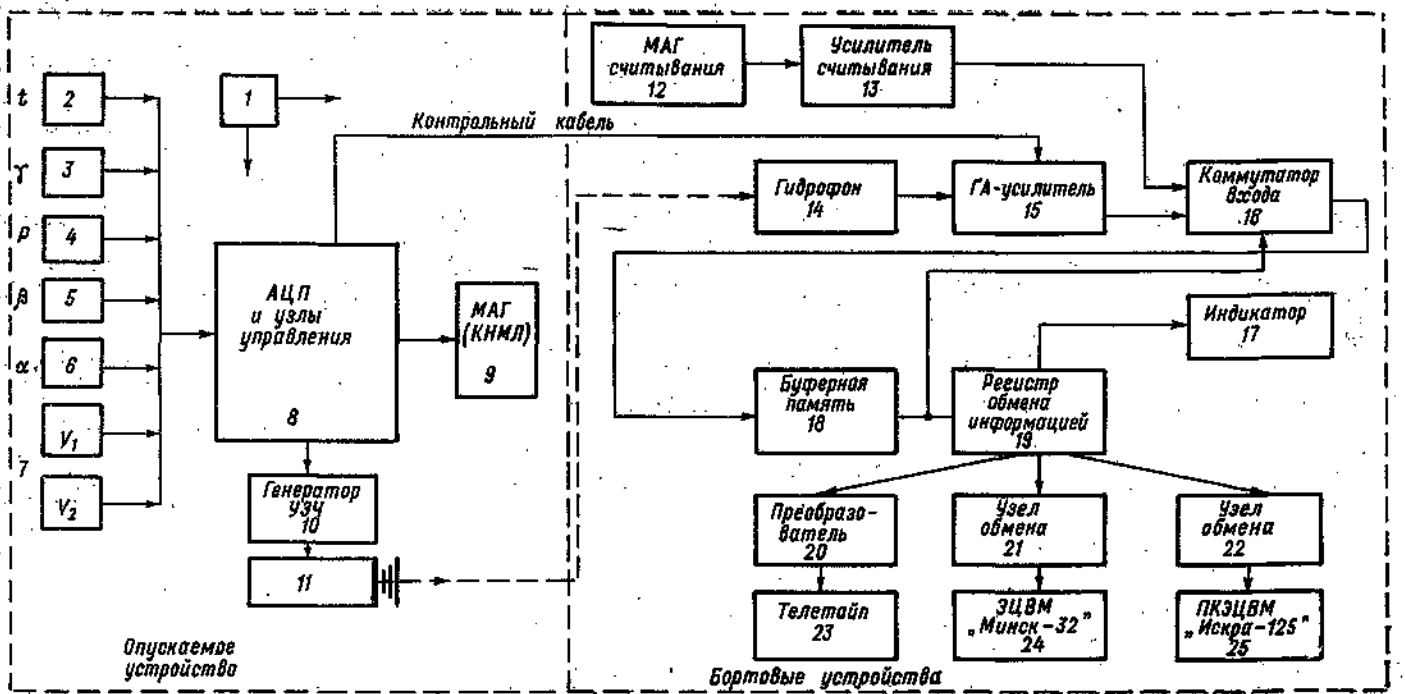


Рис. 125. Блок-схема измерителя АЦИТ.

1—7 — датчики; *8* — аналого-цифровой преобразователь; *9* — кассетный магнитный накопитель; *10* — ультразвуковой генератор; *11* — ультразвуковой пьезоизлучатель; *12* — МАГ; *13* — усилитель считывания; *14* — ультразвуковой гидрофон; *15* — усилитель гидроакустического сигнала; *16* — коммутатор входа; *17* — цифровой индикатор; *18* — буферная память; *19* — регистр обмена информацией; *20, 21, 22* — кодирующие и управляющие преобразователи; *23* — телетайп; *24, 25* — входные устройства ЭЦВМ.

ных преобразователей — датчиков — переменное напряжение. Ее значения преобразуются по очереди в аналого-цифровом преобразователе (АЦП) *8* в двоичный корреляционный код, который подается к двум записывающим головкам кассетного магнитного накопителя (МАГ) *9*. Последовательностью операций по измерению и преобразованию и передаче информации в канал связи управляют несколько электронных узлов, построенных на принципах дискретной логической автоматики, главным образом на интегральных микросхемах. После окончания работы АЦИТ в качестве, например, автономной станции кассета с записанной информацией извлекается для ее воспроизведения устройством считывания *12* (МАГ считывания) в бортовом устройстве для обработки информации. В режиме «автономный» и «зондирование» последовательный двоичный код используется для кодово-импульсной модуляции несущей частоты 20 кГц ультразвукового генератора *10*, нагрузкой которого является ультразвуковой пьезоизлучатель *11*. Приемником в гидроакустическом канале связи является опускаемый в воду с борта судна ультразвуковой гидрофон *14*. Для преобразования полученная им информация через устройство буферной памяти поступает на цифровой индикатор *17*. Через кодирующие и управляющие преобразователи *20*, *21*, *22* она поступает к телетайпу *23* для регистрации («распечатки») и к входным устройствам ЭЦВМ *24*, *25* для получения готовых результатов. Индикация на цифровом табло и регистрация информации о каждом измеренном параметре на телейтапе производятся в условных кодовых единицах.

Гидроакустический канал связи измерителя с бортовым устройством для обработки информации обеспечивает ее уверенный прием без искажений на расстоянии около 2000 м между пьезоизлучателем и приемным *гидрофоном*. После прямого и обратного преобразования ультразвуковых сигналов в ЭДС на выходе гидрофона сигнал усиливается, детектируется и преобразуется в импульсное напряжение в форме последовательного двоичного корреляционного кода. На этом цепь прямого преобразования информации разветвляется *коммутатором входа* (рис. 125). В режиме «автономный» на магнитной ленте в измерителе записывается информация в объеме одного цикла по 108 бит (по 12 разрядов двоичного кода на каждый параметр), а в режиме «зондирование» — по 48 бит на двух дорожках корреляционным кодом. При этом «1» соответствует максимальному намагничению рабочего слоя ленты в одном направлении, а «0» — максимальному намагничению в другом направлении. Между дорожками на ленте имеется свободная от записи узкая ($\approx$1 мм) полоса. В устройстве для обработки информации считывание ее с предварительно перемотанной

ленты производится так. Из двух дорожек корреляционного кода на ленте с помощью логической схемы «ИЛИ» формируется одна синхронизирующая дорожка. Импульсы с выхода этой схемы используются в качестве тактовых для занесения информации с ленты в буферную память — регистр из триггеров. В конце участка ленты с информацией из 108 или 48 бит на обеих дорожках в измерителе записывается разделительный сигнал «11». Такого сочетания в корреляционном коде нет (см. параграф 15.3), поэтому оно используется в качестве сигнала для остановки лентопротяжного двигателя в устройстве считывания. В отсутствие разделительного сигнала для этой же цели используется максимально длинная пауза, которую обнаруживает специальный логический узел в схеме. Такой способ управления регистратором выбран потому, что скорость записи информации в измерителе может быть нестабильной по разным причинам, что в обычном процессе записи привело бы к неравномерной продолжительности импульсов и пауз, к сбоям в работе устройства для обработки информации. Информация, «переписанная» в буферную память, вызывается в *регистр обмена*, а регистр буферной памяти замыкается в кольцо для возможности повторного вызова по желанию оператора. Цикличность работы регистра обмена информацией определяется возможностями средств ее регистрации и обработки. Например, при регистрации на телетайпе вызов информации идет порциями, которые перекодируются в специальном преобразователе в код МТК-2. Этот же кодирующий преобразователь и управляет телетайпом: перед началом регистрации он выдает на телетайп необходимые служебные кодовые сигналы — «перевод строки», «возврат каретки», «цифровой регистр». После окончания печати одного параметра выдается сигнал «пробел». После напечатания всего цикла автоматически включается двигатель лентопротяжки для воспроизведения информации и в буферную память заносится новая ее порция в объеме 108 или 48 бит. При работе с цифровым табло нажатием кнопки на панели блока устройства для обработки информации из памяти вызываются 12 бит, соответствующие целому значению одного параметра. При этом вызванная информация специальным кодирующим преобразователем переформируется в десятичный параллельный код для засветки цифровых люминесцентных элементов на табло. Обмен информацией при ее обработке с помощью ЭЦВМ «Минск-32» осуществляется по другой технологии, которая связана с особенностями использования, устройством этой машины и ее регистраторов. Процесс в этом случае обеспечивается также специальным сменным кодирующим преобразователем. Операции по обработке информации на ЭЦВМ «Минск-32» выполняются обслуживающим ее персона-

лом по заранее разработанной программе для данной задачи. Согласованные с обслуживающим ЭЦВМ персоналом действия оператора-океанолога в этом процессе сводятся к правильному использованию бортового устройства УОД при вводе информации в память ЭВМ. Обработка информации с помощью мини-ЭВМ «Искра-125» или ее модификаций при наличии заранее разработанной и нанесенной на магнитную карту программы для данной задачи после сравнительно несложной специальной подготовки оператора-океанолога сводится к заправке магнитной карты в считывающее устройство, выбору режима работы машины и регистраторов или считыванию показаний.

Потеря достоверности информации при использовании УОД характеризуется не более чем 1 сбоем на 100 циклов обработки. Сбоем считается отклонение одного из параметров от повторяющихся значений более чем на ±5 единиц кода при условии стабильности самого параметра.

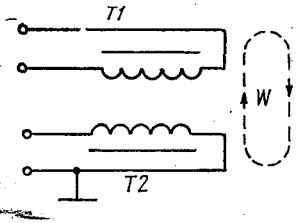


Рис. 126. Принципиальная электрическая схема датчика электропроводности АЦИТ.

Датчиком температуры воды является тонкая платиновая проволока с сопротивлением 500 Ом при 0 °С, намотанная на пластину особым образом с расчетом получить наименьшую индуктивность. Она помещена в медный герметичный защитный цилиндр и в этом виде датчик имеет постоянную времени 3 с в режиме зондирования. В автономном режиме постоянная времени термометра — 180 с — получается за счет дополнительного кожуха, надеваемого на оболочку термометра. Выходное напряжение переменного тока поступает в АЦП для измерения и преобразования в двоичный код. Статическую характеристику термометра с достаточной точностью можно считать линейной.

Индуктивный датчик электропроводности воды представляет собой два тороидальных трансформатора в общей оболочке с центральным отверстием, в которое заходит вода, образуя замкнутый виток связи между трансформаторами. При подключении питающего напряжения (рис. 126) к обмотке одного трансформатора *T1* по замкнутому витку связи *W*, образованному водой, протекает *переменный* ток, по значению пропорциональный электропроводности воды. Он наводит в обмотке второго трансформатора *T2* ЭДС, которая и измеряется в АЦП. Статическая характеристика датчика линейна.

Измерительным преобразователем скорости течения в выходное напряжение на потенциометрах является пара вертушек с взаимно перпендикулярными горизонтальными осями враще-

ния. Они помещены в защитный каркас 7 (рис. 127) в съемном блоке. Вращение их через червячные редукторы, уменьшающие числа оборотов, и магнитные муфты, не имеющие чисто механической связи между осями, передается движкам двух потен-

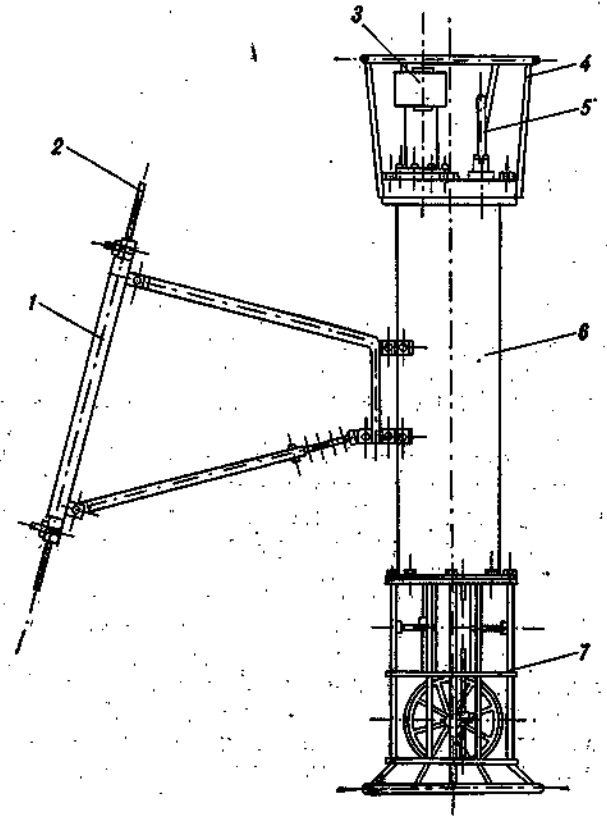


Рис. 127. Общий вид измерителя АЦИТ.

1 — кронштейн подвески; *2* — буйреп; *3* — датчик электропроводности; *4* — защитное ограждение; *5* — датчик температуры; *6* — герметический корпус; *7* — блок крыльчаток.

циометров, расположенных внутри герметичного корпуса измерителя. Среднее значение угловой скорости каждой из вертушек измеряется числом их оборотов за период осреднения, равный интервалу времени между циклами измерения. Движки потенциометров разворачиваются на угол, пропорциональный угловой скорости каждой из вертушек. Сброс на нуль движков не производится, а после очередного цикла измерений вычисляются приращения углов их разворота. Эта величина, преобразован-

ная в напряжение переменного тока, в АЦП преобразуется в свою очередь в кодовое сочетание. Скорость течения вычисляется векторным методом по измеренным взаимно перпендикулярным составляющим: $\mathbf{V} = \mathbf{V}_1 + \mathbf{V}_2$. Статические характеристики вертушек можно считать линейными. Преимущество двухкомпонентного датчика — в реверсивности вертушек, т. е. способности отфильтровывать знакопеременные волновые составляющие течения и устранять влияние раскачивания несущего буйрепа.

Произвольное положение условной горизонтальной оси прибора, определяющее ориентацию осей вертушек при измерении, неизменно в пространстве. Угол ориентации этой оси относительно магнитного меридиана измеряется *датчиком направления* — магнитным компасом. Неизменность ориентации прибора, установленного на буйрепе буйковой станции прибора, достигается за счет его свисания на кронштейне в сторону наклона троса. Условная горизонтальная ось прибора всегда лежит в плоскости наклона троса, а при значительной скорости течения кронштейн разворачивается по направлению течения (рис. 127). Компас может работать при углах наклона корпуса прибора до $\pm 15°$. Магнитный компас с потенциометрическим электролитическим преобразователем угла разворота компасной картушки в напряжение переменного тока состоит из котелка *1* (рис. 128) с водно-спиртовым раствором солей для электропроводности и плавающей в нем компасной картушки *2*. Жидкостный преобразователь угла поворота картушки в напряжение переменного тока является линейным потенциометром. Роль резистора в нем выполняет жидкость в тороидальном объеме полости *3* между боковой поверхностью картушки и стенкой котелка. Роль подвижного токосъемника (движка) выполняет узкая вертикальная прорезь *4* на боковой поверхности картушки. Через эту прорезь объемы раствора в наружной полости и в кольцевом зазоре внутри картушки сообщаются. Через верхнюю крышку компаса в тороидальный объем раствора под горизонтальными углами 120° подведены питающие электроды *5*, *7* и *8*, а в раствор в кольцевом зазоре картушки — выходной электрод *6*. Каждому значению угла поворота картушки соответствуют два значения снимаемых с выходного электрода *6* потенциала. Во избежание этой неоднозначности вначале питание подается на электроды *5* и *7*, а затем на электроды *5* и *8*. Тогда на статической характеристике для каждого угла ориентации α, например 120°, соответствуют два его компонента — потенциалы точек *A* и *B*, которые в форме напряжения переменного тока последовательно поступают в АЦП, где преобразуются в двоичный код. При измерении угла ориентации производится его осреднение за счет заданной и

согласованной с периодичностью измерений инерционности специального миниатюрного магнитного компаса объемом 2 см³. Внутренняя полость этого вспомогательного компаса заполняется маслом.

Измерительный преобразователь угла наклона корпуса прибора от вертикали в переменное напряжение необходим для

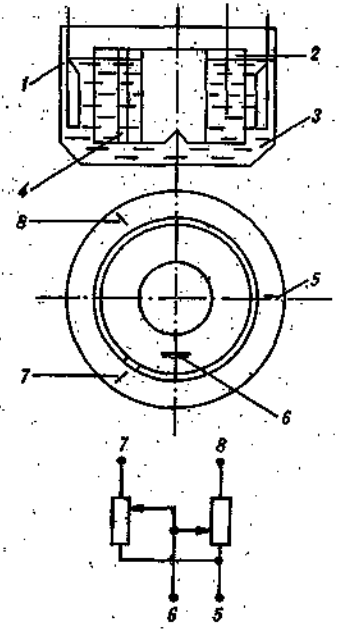
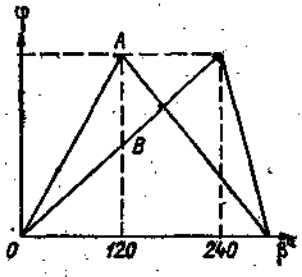


Рис. 128. Магнитный компас измерителя АЦИТ.

1 — котелок; *2* — картушка; *3* — проводящая жидкость; *4* — щель; *5, 7, 8* — питающие электроды; *6* — выходной электрод.



введения поправок в показания датчика скорости течения при отклонении осей вертушек от горизонтальной плоскости. Принцип действия датчика угла наклона аналогичен предыдущему: он является электролитическим потенциометром. В проводящий раствор *5* (рис. 129) в тороидальном объеме *4* введены два питающих электрода *2* и *3* и общий токосъемный электрод *1*. Образуется потенциометр, выходное напряжение которого зависит от уровня раствора в двух половинах тороида при наклоне датчика. Перетекание раствора из одной половины тороида в другую демпфируется отверстием *6*.

Датчиком гидростатического давления является манометрический преобразователь давления в линейное перемещение сердечника в катушке индуктивности (индуктивный преобразователь) (рис. 130). Манометрическая пружина — трубка Бурдона. Она деформируется под действием давления и ее конец с ферритовым сердечником перемещается в полости картушки, про-

порционально изменяя ее индуктивность. Выходным сигналом датчика является переменное напряжение.

Схемой для измерения последовательно поступающих напряжений от датчиков является *аналого-цифровой преобразователь* (АЦП) уравновешивающего преобразования. В этой

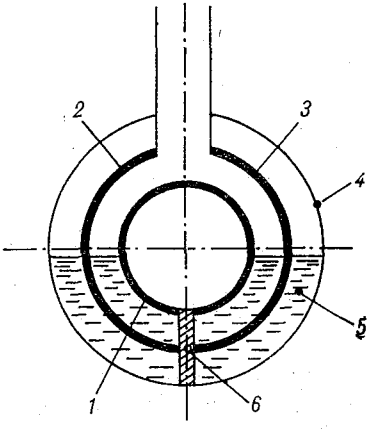


Рис. 129. Датчик угла наклона измерителя АЦИТ.

1 — токосъемный электрод; *2*, *3* — питающие электроды; *4* — тороид; *5* — проводящая жидкость; *6* — капилляр.

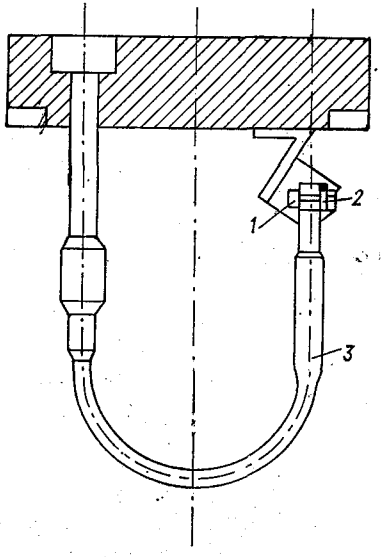


Рис. 130. Датчик гидростатического давления измерителя АЦИТ.

1 — катушка индуктивности; *2* — сердечник; *3* — трубка Бурдона.

схеме измеряемые напряжения последовательно преобразуются в двоичный код. Общий принцип действия АЦП поясняет рис. 131. На датчики температуры воды t, электропроводности γ, компонентов скорости течения V_1, V_2 и направления α_1, α_2, угла наклона β и гидростатического давления p с помощью коммутатора параметров подаются питающие напряжения синусоидальной формы $U_д$ с частотой 10 кГц. С компенсатора в противофазе с ними на каждый из датчиков последовательно подаются компенсирующие напряжения $U_к$, которые уравновешивают выходные напряжения датчиков. Компенсатором является последовательная цепь из 12 ферритовых трансформаторов, включаемых с помощью коммутатора разрядов. Процесс уравновешивания напряжений происходит автоматически по ступеням — уровням, соответствующим «весам» разрядов двоич-

ного числа. Это достигается тем, что числа вторичных обмоток, а значит, значения компенсирующих напряжений каждого трансформатора соответствуют этим «весам» двоичных разрядов. Так, число витков трансформатора для младшего двоичного разряда соответствует единице, для предыдущего — вдвое больше, для следующего — вчетверо больше и т. д. При этом знак разности $U_д - U_к$ на каждой ступени определяется реаги-

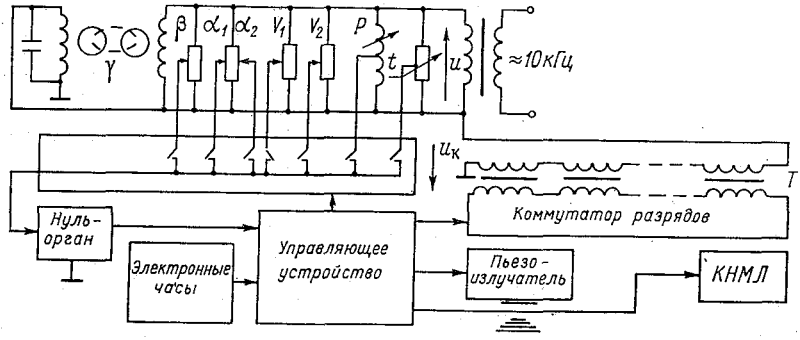


Рис. 131. Аналого-цифровой преобразователь (АЦП) измерителя АЦИТ.

рующей на него схемой сравнения — «нуль-органом». Если на очередной ступени происходит *перекомпенсация* напряжения от датчика ($U_к > U_д$), то от нуль-органа в коммутатор разрядов подается сигнал на отключение трансформатора, который перекомпенсировал это напряжение. В очередном такте работы коммутатора разрядов в этом случае вместо этого включается трансформатор *младшего разряда.* Этот процесс продолжается и в случае перекомпенсации в очередных тактах. При этом всякий раз специальной схемой управляющего устройства на ее выходе формируется сигнал «0», соответствующий *отключению* трансформатора данного разряда. В случае же *недокомпенсации* напряжения на очередных ступенях ($U_к < U_д$) нуль-орган реагирует *включением* соответствующих разрядных трансформаторов и образуются сигналы «1» двоичного 12-разрядного числа — по числу ступеней сравнения. Всего обеспечивается 4096 дискретных значений измеряемых параметров. Компенсация значений выходных напряжений от датчиков с одновременным поразрядным преобразованием этих значений в двоичный код производится с точностью до самого младшего разряда 12-разрядного числа. Последовательный двоичный код результатов преобразования в АЦП записывается на магнитной ленте накопителя в опускаемом устройстве и одновременно передается по гидроакустическому каналу связи.

Аналого-цифровой преобразователь, являясь промежуточным звеном в последовательной цепи *прямого* преобразования информации, сам представляет собой звено с *обратным* преобразованием — измерительный преобразователь *компенсационного* типа. Заданная точность преобразования в его схеме зависит от стабильности питающих и компенсирующих напряжений, надежности работы его электронных элементов и выбранным количеством разрядов — 12. Полный цикл преобразования занимает около 3 с.

Измеритель выполнен в виде цилиндра *6* (рис. 127) из легкого антимагнитного титанового сплава, обладающего большой прочностью и стойкостью к воздействию морской воды. На верхнем и нижнем основаниях цилиндра укреплены ограждения *4*. Двухкомпонентный датчик скорости течения расположен под нижней крышкой цилиндра. Над верхней крышкой размещены датчик электропроводности *3* и датчик температуры воды *5*. Датчик гидростатического давления также укреплен на верхней крышке. Пьезоизлучатель — на внутренней ее стороне — представляет вместе с ней акустическую антенну. К этой же крышке присоединена рама, несущая отдельные конструктивные элементы — датчик угла наклона прибора, компас, а в нижней ее части — кассету блока питания с сухими элементами, редукторы с магнитными муфтами вертушек и потенциометры. В средней части рамы имеются панели с разъемами для выдвижных плат: электронных часов, генераторов, измерительной и платы управления. На панели укреплены тумблеры питания, переключатели режимов работы прибора, переключатель диапазонов измерения электропроводности воды. Верхняя крышка с рамой после открепления ее от цилиндра вывинчиванием болтов выдвигается для подготовки измерителя к работе: смене сухих элементов, установке органов управления в соответствующие выбранному режиму положения и проверки состояния плат, разъемов и других элементов. После подготовки измерителя к работе крышка с рамой вновь задвигается в цилиндр и тщательно прижимается к нему болтами. Подвеска опускаемого в воду измерителя на буйрепе *2* выполняется с помощью кронштейна *1* с раздвижным нижним основанием — для регулирования угла подвески прибора. Это позволяет обеспечить приблизительно вертикальное положение его оси.

24.2. Структурная схема измерителя АЦИТ

Для выполнения автоматической измерительной работы по всему приведенному выше перечню операций с заданной цикличностью в обоих режимах в блок-схему измерителя включены

электронные генераторные, преобразовательные и логические узлы, которые должны в согласованные моменты времени выполнять следующие основные функции:

— обеспечить все электронные элементы напряжениями питания определенной формы и частоты; например, микросхемы — постоянным напряжением 5 В, отдельные транзисторные элементы — 12 В, датчики — переменным напряжением 2, 4 или 15 В;

— обеспечить тактовым импульсным напряжением строго стабилизированной частоты логические узлы, работающие в определенной последовательности; например, включение и выключение трансформаторов разрядов должно сопровождаться согласованным формированием кодовых элементов 12-разрядного двоичного числа;

— подать сигналы различным узлам в определенные моменты для начала или прекращения их действий. Например, включение выходов очередных датчиков ко входу АЦП для начала измерения какого-либо параметра, управление двигателем магнитного регистратора, управление ультразвуковым генератором в канале связи, начало и окончание цикла измерений и другие.

Батарея сухих элементов в *блоке питания* через тумблер *S1* (рис. 132 см. вкладку) питает постоянным током (напряжение 9 В) *электронные часы* и *узел генераторов*, выполненные отдельными платами.

Электронные часы имеют задающий *генератор*, стабилизированный по частоте с помощью кварца. Выходное напряжение импульсной формы от генератора поступает на *делитель частоты* — пересчетные цепи на триггерах. В этой цепи формируются импульсные напряжения следующих частот:

20 кГц — для возбуждения *генератора напряжения ультразвуковой частоты (УЗЧ)* через *узел управления УЗЧ*,

10 кГц — для возбуждения *генератора формирователя напряжений* питания для других углов измерителя,

50 кГц (тактовая рабочая частота) — для электронных логических узлов.

С помощью *формирователя команд и программ* измерений с использованием логических узлов в зависимости от заранее выбранного режима и цикличности образуются импульсные сигналы различной длительности, обеспечивающие согласованную работу других узлов — программу включений, сброс триггеров в исходное состояние, условные метки для записи на ленте и другие. Для переключения программ служит и *переключатель режимов*.

Плата (узел) *генераторов (ПГ)* содержит *электронный ключ*, управляемый по программе от электронных часов, для

включения цепей *генератора формирователя напряжений питания* различных узлов. В схеме этого генератора формируются постоянные напряжения для питания генератора ультразвуковой частоты, двигателя магнитного регистратора, транзисторных ключей и микросхем; переменные напряжения — для датчиков, цепей компенсации и синхронизации *опорным* 10 кГц напряжением фазового детектора нуль-органа, а также для цепи смещения диапазонов и *компенсации* датчика электропроводности. Генератор формирователя напряжений питания возбуждается в свою очередь стабильным по частоте напряжением частотой 40 кГц от электрочасов. Генератор напряжения УЗЧ возбуждается напряжением частотой 20 кГц также от электрочасов, которое модулируется импульсным напряжением в форме двоичного кода, поступающим от узла управления УЗЧ. Промодулированное таким образом выходное напряжение этого генератора поступает к гидроакустическому *пьезоизлучателю.*

Для контроля исправности измерителя в обоих режимах работы в качестве первого из параметров в цикле измерений используется напряжение питания датчиков скорости течения, угла наклона и компаса, которое в случае отклонения от нормы может сигнализировать о возможности сбоев и больших погрешностей при измерениях.

Узел управления, выполненный также отдельной платой (*ПУ*), содержит *регистр сдвига параметров.* Он управляется тактовыми импульсами 50 Гц от электрочасов. Триггеры регистра поочередно управляют *ключами параметров.* Специальный *узел питания компаса*, включенный в среднюю группу триггеров переключателя параметров, обеспечивает последовательное и раздельное включение питания электродов компаса для получения двух значений потенциалов (α_1, α_2). В режиме «зондирования» параметры V_1, V_2, α, β не измеряются, поэтому с помощью переключателя режимов средняя группа соответствующих триггеров из цепи сдвига исключается: после «опроса» датчика электропроводности сразу следует «опрос» датчика гидростатического давления. Открывая таким образом цепи электронных ключей соответствующих параметров поочередно в выбранном режиме, очередной триггер регистра сдвига подключает выходные цепи соответствующих датчиков ко входу *операционного* (измерительного) *усилителя* переменного напряжения нуль-органа. *Фазовый детектор* является также электронным ключом, открывающим выходную цепь операционного усилителя строго в такт с опорным напряжением частотой 10 кГц от генератора, питающего цепи датчиков. С выхода *интегрирующего усилителя* продетектированное напряжение поступает на узел формирования сигнала перекомпенсации для управления очередными разрядными ключами коммутатора

разрядов АЦП на *измерительной плате (ПИ)*, как было описано выше. Узел управления ультразвуковым генератором в этот момент вырабатывает сигнал «0» для кодово-импульсной модуляции несущей частоты 20 кГц, а *узел управления записью на КНМЛ* — сигнал «0» для записи на магнитной ленте магнитного регистратора. В случае недокомпенсации в очередном такте работы АЦП нуль-орган реагирует сигналом на выходе, формирующим с помощью тех же узлов элемент «1» в кодовом сочетании. С окончанием компенсационного измерения и кодирования значения очередного параметра ключи и регистр разрядов АЦП приводятся в исходное состояние специальной схемой формирования управляющих сигналов, а регистром-переключателем параметров на *плате управления (ПУ)* через следующий ключ выходная цепь датчика очередного параметра подключается ко входу нуль-органа АЦП. Процесс его измерения происходит в таком же порядке. С окончанием всего цикла измерений электронные часы выключают питание платы генераторов (ПГ), обесточивая измерительные и преобразовательные узлы. Геркон ГК, управляемый специальным съемным магнитом, включен в цель одного из делителей частоты в схеме электронных часов и служит для перевода измерителя в один из двух подрежимов — с цикличностью 2 или 30 с.

24.3. Устройство обработки данных. Назначение, структурная схема

Устройство обработки данных (УОД) располагается на борту судна в лаборатории. Оно выполнено отдельным блоком с разъемами для подключения линий связи с АЦИТом, телетайпом, ЭЦВМ и сетевого питания либо питания от источника постоянного тока. УОД выполняет следующие операции:

— прием информации по гидроакустическому каналу связи от АЦИТа при измерении океанографических параметров и при градуировке;

— прием информации по контрольному кабелю при проверке работоспособности АЦИТа;

— индикацию показаний на световом табло, распечатку полученной информации на ленте телетайпа типа СТА-2М, Т-50, Т-62, Т-63;

— считывание информации с ленты КНМЛ с индикацией и распечаткой на ленте телетайпа;

— ввод информации с ленты КНМЛ в ЭЦВМ «Минск-32» или «Искра-125»;

— контроль качества покрытия магнитной ленты КНМЛ.

Принимаемый по ГА-каналу сигнал состоит из разделительной посылки 40 мс и далее кодовых импульсов по 5 мс с периодом повторения 20 мс. Принимаемый от АЦИТа сигнал с помощью контрольного кабеля по составу такой же, а по форме представляет собой видеоимпульсы с амплитудой 2,6 В. На ленте КНМЛ информация об одном цикле измерения записывается по двум дорожкам корреляционным кодом в формате: разделительные «1» на обеих дорожках, а далее — «1» на одной и «0» — на другой дорожке. Длина записи значения одного параметра 0,5 мм, участок размагниченной ленты между циклами 2 мм. Среднее время считывания информации об одном цикле измерения 0,3 с. Время перемотки ленты 1 мин. Потребляемая мощность 20 Вт. В комплект УОД входит кабель с гидрофоном, контрольный кабель, кабель связи с телетайпом, сетевой кабель и дроссель для размагничивания лент КНМЛ.

Электронные узлы УОД, собранные на выдвижных платах с разъемами, помещены в металлический корпус. Конструктивная элементная база — гибридные интегральные микросхемы. В соответствии с двумя режимами работы АЦИТа устройство обработки данных может также работать в этих режимах: «автономный» и «зонд». Для выполнения перечисленных выше функций УОД может работать в следующих подрежимах:

— «индикация» — для последовательного высвечивания на световом табло номеров параметров в цикле и значений их кодов;

— «телетайп» — для переноса («распечатки») поступающей от АЦИТа или с установленной в УОД ленты КНМЛ информации на ленту телетайпа;

— «ЭЦВМ» — для ввода информации из УОД с ленты КНМЛ в память ЭЦВМ с целью последующей обработки этой информации;

— «контроль» — для проверки работоспособности УОД по контрольным условным значениям кода;

— «тест» — для проверки качества покрытия лент КНМЛ;

— «магнитофон» — для вывода в память УОД информации с ленты КНМЛ, установленной в считывающем магнитофоне УОД;

— «акустика» — для приема информации по ГА-каналу или контрольному кабелю от АЦИТа в УОД;

— «повторный вызов» — для повторной или многократной индикации значений параметров при считывании на световом табло УОД.

Для включения этих режимов или некоторых их комбинаций на лицевой панели УОД размещены тумблеры режимов «автономный»—«зонд», «сеть», кнопки «пуск», «стоп» и «сброс»,

а также галетные переключатели подрежимов группы «ввод» и группы «вывод».

Гидрофон. В герметичном корпусе с небольшой плавучестью размещен пьезоэлектрический приемник с платой, на которой собран трехкаскадный предварительный усилитель ПУС (рис. 133 см. вкладку) прямого усиления. Цель выноса ПУС к приемнику гидрофона на кабеле — уменьшение вероятности появления помех от наводок шумами моря. Кабель гидрофона подключается свободным концом с разъемом к разъему на лицевой панели УОД.

Следующие узлы расположены в блоке УОД.

Гидроакустический усилитель (ГАУС). Усиление поступающего от ПУС сигнала ультразвуковой частоты, промодулированного импульсным кодом АЦИТа, происходит на двух каскадах операционных усилителей с обратной связью. На переднюю панель УОД выведен шлиц для регулировки коэффициента усиления. Выходным каскадом является триггер Шмидта, режим которого выбран с расчетом на срабатывание от сигнала с определенной пороговой амплитудой. Это также уменьшает вероятность прохождения помех в следующие узлы УОД. Форма выходного сигнала ГАУС — П-образные кодовые импульсы напряжения.

Подаваемый по контрольному кабелю сигнал с информацией от АЦИТа также поступает на плату ГАУС, но усиления не требует, поэтому минует его каскады, проходя на плату управления УОД в подрежиме «акустика».

Двухканальный усилитель воспроизведения (УСВ) — для усиления сигналов корреляционного кода от ГАУС, считываемых головками магнитофона УОД с двух дорожек ленты КНМЛ при воспроизведении информации АЦИТа. В обоих одинаковых каналах УСВ усиление происходит на двух каскадах прямого усиления с обратными связями. Далее сигнал формируется триггером Шмидта также в форме П-образных кодовых импульсов. УСВ может работать в подрежимах «магнитофон» и «телетайп».

Плата управления. На этой плате расположены основные узлы, обеспечивающие согласованный последовательный процесс взаимодействия между платами УОД в разных режимах работы. На структурной схеме рис. 133 эти и другие узлы УОД обозначены буквенными сочетаниями, которые напоминают об их назначении. Стрелками обозначены структурные связи, а надписи над стрелками и линиями связей указывают на характер или содержание сигналов между структурными узлами схемы. У двух галетных переключателей «Ввод» и «Вывод» на четыре положения, соответствующие подрежимам работы УОД, жирными точками показаны позиции «включено».

Структурная схема УОД является упрощенной: на ней приведены лишь основные узлы, играющие принципиальную роль. Принципиальная электрическая схема всех узлов АЦИТа и УОД имеется в комплектах технической документации.

На плате управления размещены следующие основные узлы.

Триггер ввода—вывода (ТВВ). Он определяет подрежимы работы УОД в зависимости от положений переключателей. В следующих положениях переключателя «Вывод» ТВВ переходит в состояние «вывод» и обеспечивает следующие подрежимы: «индикация» (по сигналу «сброс»), «телетайп» (по сигналу «конец печати строки»), «ЭВМ» (по сигналу «конец цикла обмена») и «тест». В следующих положениях переключателя «Ввод» ТВВ переходит в состояние «ввод» и обеспечивает подрежимы: «магнитофон» (сигнал «конец цикла записи»), «акустика» и «контроль» (сигнал «конец цикла обмена памяти»), а также подрежим «повторный вызов». Выходы ТВВ управляют коммутаторами сигналов через логические элементы «И» и «ИЛИ». Последние направляют сигналы в нужные узлы УОД в различных подрежимах работы.

Коммутатор памяти (КП). В зависимости от состояния ТВВ этот узел пересылает в регистр платы памяти РП один из следующих сигналов: информацию об измеренных параметрах с платы ГАУС, принятую от АЦИТа гидрофоном или по контрольному кабелю (подрежим «акустика»); информацию, считанную с ленты КНМЛ через УСВ от платы магнитофона (подрежим «магнитофон»); импульсы с частотой 25 Гц от делителя частоты ДЧИ платы памяти для образования контрольного условного кода (подрежим «контроль»); информацию с выхода регистра памяти РП для циркуляции при повторном вызове для считывания на индикаторе ИН-6 (подрежим «повторный вызов»).

Коммутатор тактовых импульсов (ТИ). Необходим для распределения тактовых импульсов формирователя импульсов сдвига (ФИС) платы памяти и ряда других узлов. В состоянии ТВВ «ввод» КТИ пропускает следующие сигналы: тактовые импульсы с платы магнитофона (подрежим «магнитофон»), импульсы с частотой 50 Гц от делителя частоты ДЧИ (подрежимы «акустика» и «контроль»), импульсы с частотой 10 кГц от кварцевого генератора КВГ (подрежим «повторный вызов»). В состоянии ТВВ «вывод» с выхода КТИ подается также 10 кГц.

Коммутатор пуска памяти (КПП). Предназначен для разрешения выдачи импульсов сдвига РП сигналом «пуск памяти». В состоянии ТВВ «ввод» сдвиг РП производится по сигналам: «конец импульса синхронизации» (СИ) от схемы синхронизации сдвига СИС; от кнопки «Пуск» через схему формирования

синхроимпульса пуска (ССП) в подрежимах «магнитофон», «контроль» и «повторный вызов». В состоянии ТВВ «вывод» КПП разрешает сдвиг регистра памяти в подрежимах «ЭВМ», «телетайп», «тест» и «индикация» по сигналу «конец печати октады» от узла РСП преобразователей платы телетайпа через ждущий мультивибратор ЖМВ-1.

Коммутатор «стоп памяти» (КСП) предназначен для запрещения с помощью ФИС сдвига РП. Коммутатор срабатывает в следующих случаях: от схемы формирования сигнала «сброс» (ФСС) при нажатии кнопки «Сброс»; при переходе ТВВ в состояние «вывод» (подрежим «телетайп»); после 3-го импульса сдвига от счетчика разрядов СЧР (подрежим «телетайп»); после 6-го импульса сдвига от СЧР (подрежим «ЭВМ») и по сигналу «конец вызова параметра» после 12-го импульса сдвига от СЧР (подрежим «индикация»).

Коммутатор «Пуск МАГ» (КПМ) служит для выдачи сигнала «пуск магнитофона» к триггеру управления *ТГ5* в следующих случаях: при переключении ТВВ в состояние «ввод» и нажатии кнопки «Пуск» в подрежиме «магнитофон» и при нажатии кнопки «Пуск» в подрежимах «контроль» и «тест».

Коммутатор пуска телетайпа (КПТ) служит для запуска телетайпа через триггер управления ТГУ. Коммутатор срабатывает по сигналам: переход ТВВ в состояние «вывод» в подрежиме «телетайп» и нажатием кнопки «Пуск» через схему синхронизации пуска ССП в подрежиме «повторный вызов».

Формирователь сигнала «Сброс» (ФСС) служит для выдачи сигнала «Сброс» при выключении магнитофона, окончании цикла обмена с ЭВМ и при окончании цикла индикации. «Сброс» формируется по следующим сигналам, поступающим на ФСС: при включении питания УОД; по сигналу «конец массива» от платы ЭВМ «М-32»; «начало записи» от схемы формирования сигналов начала и конца записи (СФНКЗ); при совпадении сигнала «конец цикла обмена памяти» (КЦОП) от платы индикации в подрежимах «ЭВМ» или «тест» с нажатием кнопки «Сброс».

Счетчик разрядов (СЧР) служит для просчета 12 импульсов сдвига — по числу 12 двоичных разрядов в коде очередного параметра. Каждый 12-й импульс сдвига служит для управления узлами плат телетайпа и магнитофона сигналами формирования служебных знаков, начала и конца записи и индикации.

Кварцевый генератор (КВГ) задает опорную частоту 10 кГц для всех узлов УОД.

Схема формирования сигнала «Начальная установка» (СФНУ) посылает сигнал для сброса индикатора в «нулевое» состояние и для перевода каретки телетайпа в начальное положение. Действует при переходе ТВВ в состояние «вывод»,

а также в состоянии ТВВ «ввод» одновременно с сигналом «пуск памяти» от КПП.

Плата памяти содержит следующие узлы.

Последовательный *регистр памяти (РП)*: в циклических режимах он принимает 108 (режим «автономный») или 48 (режим «зонд») разрядов двоичного кода очередного параметра от АЦИТа и синхроимпульс (СИ).

Триггер разрешения сдвига регистра (ТГР) срабатывает по сигналам «пуск памяти» и «стоп памяти» от КПП или КСП соответственно.

Формирователь импульсов сдвига (ФИС) управляется от ТГР, обеспечивая синхронную с другими узлами работу регистра памяти. С 3-го (режим «зонд») или с 6-го (режим «автономный») триггеров регистра памяти через переключатель «автономный»—«зонд» и формирователь импульсов памяти ФП информация об измеренных параметрах подается к платам индикации «М-32» для ввода ее в ЭВМ и к коммутатору памяти КП (подрежим «повторный вызов»).

Делитель частоты импульсов (ДЧИ) понижает частоту 10 кГц приходящих от КВГ импульсов до опорных частот 2 кГц и 800 Гц — для платы магнитофона и до 50 Гц — для синхронизированного пуска от схемы ССП. По каналу прохождения информации об измеренных параметрах на схему синхронизации СИС поступает и синхроимпульс (СИ) длительностью не менее 30 мс. Его задним фронтом СИС вырабатывает сигнал «конец СИ», которым сбрасывается в исходное состояние ДЧИ, а также согласуется работа КПП с другими узлами. В УОД предусмотрен подрежим «контроль» для проверки работоспособности его узлов, при котором на вход памяти из схемы ССП подается контрольный сигнал — импульсы с частотой 25 Гц. При этом индикатор должен показать значение четных параметров — «5252», а нечетных — «2525» при каждом нажатии кнопки «Пуск». В подрежимах «телетайп» и «контроль» одновременно эти же значения контрольных кодов должны печататься на телетайпной ленте. Для повторного высвечивания на табло индикатора значений очередных параметров, записанных в регистр памяти, предусмотрен подрежим «повторный вызов». При этом сигнал с выхода памяти поступает вновь на ее вход и циркулирует в регистре неограниченное число раз.

Три платы индикации имеют одинаковые узлы. Трехразрядные регистры информации на трех триггерах *ТГ1—ТГ3* — для запоминания кодов. Включение октады производится от ТВВ; информация поступает от ФП, тактовые импульсы — от ФИС, а импульс сброса — от ФСНУ. На плате индикации для номера параметра используется и 4-й триггер *ТГ4* в составе регистра. С выходов триггеров потенциальные сигналы поступают в пре-

образователь ПИН двоичного кода в код индикатора ИН-6 и в преобразователь для кода МТК-2 платы телетайпа — ПМТК. Индикация номера параметра производится десятеричным числом, а значения очередных параметров — восьмеричными 4-разрядными числами в условных кодовых единицах. Индикатор расположен в правой части лицевой панели УОД. Левая цифра указывает номер параметра. Остальные цифры составляют кодовое число параметра.

Плата телетайпа содержит узлы, обеспечивающие распечатку информации АЦИТа на ленте телетайпа.

Триггер управления (ТГУ) срабатывает по сигналу «пуск телетайпа» от КПТ, а сбрасывается по сигналу «конец печати строки» или «начальная установка» от СФНУ, устанавливая узлы платы в исходное состояние таким же сигналом «сброс».

Автоколебательный мультивибратор (АМВ) настроен на частоту, выбранную специально для рабочего ритма телетайпа; импульсами на его выходе сдвигается регистр РС. Выходными же импульсами РС управляются триггеры *распределителя служебных посылок* (РСП). Распределитель обеспечивает формирование сигналов служебных посылок в форме параллельного кода МТК-2 на выходе ФКСП — *формирователя кода служебных посылок.* Поступающий двоичный параллельный 3-разрядный код параметров от платы индикатора также преобразуется в параллельный 5-разрядный код МТК-2 в *преобразователе ПМТК.* Далее параллельный код МТК-2 в узле *преобразователя в последовательный код (ППП)* развертывается во времени и через *усилитель мощности (УМ)* подается на электромагниты приемника телетайпа. Распределитель РСП с окончанием печати октады сигнализирует об этом через ЖМВ1 в коммутатор КПП, а с окончанием печати строки через ЖМВ2 — в ТГУ. В процессе работы узлов платы распределитель РСП в надлежащие моменты открывает цепи ФКСП для формирования кодов служебных посылок: включение «цифрового регистра», «перевод строки», «перевод каретки», «.», «=» и «+». Распечатка индикации на телетайпе возможна при поступлении ее от АЦИТа по ГА-каналу, по контрольному кабелю или с ленты КНМЛ, а также в подрежиме «контроль».

Магнитофон воспроизведения (МАГ) для кассеты МК-60 (120) встроен в переднюю панель УОД. Имеет две универсальные головки для считывания информации с двух дорожек ленты. Эти же головки используются для записи тестовой информации при проверке качества покрытия ленты. Для протяжки ленты служит микроэлектродвигатель ДПМ-20, питаемый напряжением 9 В. Такой же двигатель, питаемый напряжением 18 В, служит для перемотки ленты перед считыванием

информации. Перемотка происходит при нажатии рычага механизма МАГ.

Плата магнитофона содержит узлы для обеспечения работы считывающего устройства. По сигналу «пуск МАГ» от КПМ и «сброс» от ФСС либо «конец цикла записи» от цифрового автомата ЦА срабатывает триггер *ТГ5* включения питания. Через *ключ КЛ* он управляет *микроэлектродвигателем (ЭДВ)*. Информация от *усилителя воспроизведения (УСВ)* поступает на *преобразователь* параллельного корреляционного кода в последовательный (ПКК), с выхода которого она направляется на КП и на *формирователь тактовых импульсов магнитофона (ФТИМ)* для коммутатора КТИ и для *цифрового автомата (ЦА)*. Цифровой автомат формирует сигнал «сброс» для ТВВ и сигнал «конец цикла записи» при совпадении «1» на обеих дорожках ленты МАГ или при отсутствии 8 импульсов в подрежиме «тест». В подрежиме «ЭВМ» сброса от ЦА не происходит. В подрежиме «тест» для проверки качества покрытия ленты кассет КНМЛ и надежности считывания информации на обе головки МАГ подаются импульсы с частотой 800 Гц с помощью *формирователя тестовой информации (ФТМ)*. Эти импульсы записываются на обеих дорожках ленты в форме последовательных «1».

Распечатка тестовой информации должна также дать массив, содержащий только «1».

Сменные платы обмена «М-32» и «Искра-1250» содержат узлы формирования рабочих и служебных сигналов для согласованной работы во взаимодействии с ЭЦВМ «Минск-32» или «Искра-1250 (1252, 1256)» в период обработки информации АЦИТа. На внутренней панели УОД имеются разъемы для сменных плат ЭВМ, а на задней стороне УОД — разъем для входов ЭВМ.

Блок питания (БП) имеет разъем «сеть» 220 В, 50 Гц и клеммы для подключения к внешнему источнику тока. БП служит для формирования с помощью транзисторного мультивибратора, стабилизатора напряжения, трансформатора, выпрямителя и фильтров всех необходимых постоянных напряжений для УОД: 80 В — цепей приемника телетайпа; 18 В — двигателя перемотки и 9 В — двигателя протяжки; 27 В, 12 В, 6 В — цепей схем электронных узлов, а также переменного напряжения 1,5 В для индикаторов ИВ-6.

На передней панели УОД имеется также разъем «контроль» с выводами для проверки входного сигнала у гидрофона, а также режимов работы гидроакустического усилителя, усилителя воспроизведения, платы МАГ и платы телетайпа.

24.4. Подготовка комплекта, монтаж и производство измерений

Для подготовки прибора к измерениям необходимо поставить АЦИТ в вертикальное положение, откинуть крепящие верхнюю крышку болты и вынуть измеритель из титанового корпуса. Выдвинуть блок питания АЦИТа, отвернуть крепящие крышку блока винты и проверить правильность установки элементов питания по маркировке на крышке; установить блок питания на место. Проверить наличие кассеты МК-60 (120) в КНМЛ. Проверить наличие в гнезде предохранителя. Поставить переключатель режимов работы в положение «5», включить тумблером питание и выкрутить магнит из крышки АЦИТа. Работоспособность измерителя подтверждается циклической (через каждые 30 с) протяжкой ленты КНМЛ и слабым писком акустического генератора. Далее необходимо подключить контрольный кабель к разъему на АЦИТе, соединив его с другим разъемом АЦИТ на УОД.

Для подготовки УОД у него снимается передняя крышка. Сетевой кабель подключается к разъему «сеть». В случае питания от внешнего источника постоянного тока напряжением 12±10 % «плюс» подается на контакт 3 разъема *X17*, а «минус» — на контакт 4. Далее необходимо выполнить следующие операции. Включить питание тумблером «сеть». При этом на индикаторе должны высветиться только нули. Поставить переключатель «ввод»—«контроль», переключатель «вывод»—«индикация», тумблер «автономный—зонд»—«автономный» и нажать кнопку «Пуск»: индикатор должен показывать значение «5252» (нечетные вызовы) и «2525» (четные вызовы) с каждым нажатием кнопки «Пуск». После 9-го вызова нажать кнопку «Сброс»: высвечиваются нули на индикаторе. Переключить УОД на режим «зонд» тумблером. В этом режиме сброс тех же контрольных значений на индикаторе возможен после 4-го вызова. Поставить переключатель «вывод»—«телетайп», а тумблер — «автономный». К разъему «телетайп» подключить кабель питания электромагнитов телетайпа и включить телетайп. Нажать кнопку «Пуск». При этом на индикаторе высвечиваются, а на телетайпной ленте распечатываются те же 9 контрольных значений условного параметра. Очередные строки печатаются нажатием кнопки «Пуск». Этим подтверждается правильность работы большинства узлов УОД. Далее надлежит поставить переключатель «ввод»—«магнитофон», вставить в считывающее устройство (МАГ) на лицевой панели специальную тестовую кассету из комплекта УОД, и, если необходимо, нажатием рычага вниз перемотать ленту к началу.

Нажать кнопку «Пуск». С концом распечатки на телетайпной ленте магнитофон должен остановиться. Следует проверить совпадение полученных значений (за исключением первых двух циклов) параметров на контрольной распечатке с приведенными в формуляре. Совпадение их указывает на исправную работу УОД. Для приема информации от АЦИТа и индикации ее на цифровом табло надлежит поставить переключатели «ввод»—«акустика», «вывод»—«индикация», а тумблер режима — «автономный». Нажать кнопку «Сброс» и далее, нажимая кнопку «Пуск», последовательно принять 9 параметров от АЦИТа. Для приема информации в очередных циклах вначале необходимо нажимать кнопку «Сброс». Для регистрации информации от АЦИТа на телетайпной ленте необходимо перевести переключатель «вывод»—«телетайп» и включить телетайп; нажать кнопку «Сброс». Повторный прием и распечатка информации в этом подрежиме происходят автоматически. По индикаторному табло и распечатке на телетайпной ленте следует проверить соответствие значения контрольного параметра АЦИТа паспортному и повторяемость значений всех параметров. Следует иметь в виду, что установленный в помещении АЦИТ дает показания, соответствующие параметрам окружающей среды, а также положениям его вертикальной и условной горизонтальной осей. Значения начального кода давления надо сравнить с данными в формуляре: разница затем учитывается как систематическая поправка при обработке показаний. При неподвижных вертушках датчика скорости течения коды компонентов скорости должны быть в этих условиях постоянными. После переключения УОД в режим «зонд» и нажатия микровыключателя на плате электронных часов таким же путем, как выше, проверяется стабильность показаний АЦИТа в этом режиме. Далее проверяется качество записи информации на магнитную ленту. Для этого АЦИТ включить в режим «автономный» для записи нескольких циклов информации на ленте КНМЛ. После записи извлечь кассету из КНМЛ АЦИТа, вставить в МАГ УОД и, нажав на рычаг, перемотать ленту к началу. Переключить УОД в режим «автономный», переключатели поставить: «Ввод»—«магнитофон», а «Вывод»—«индикация». Нажать кнопку «Сброс» и, последовательно нажимая кнопку «Пуск», принимать и записывать с индикатора информацию об очередных параметрах. Для считывания следующих циклов после каждого 9-го параметра нажимать кнопку «Сброс» и «Пуск». Вновь перемотать ленту к началу. Установить переключатель «Вывод»—«телетайп». Включить телетайп и нажать кнопку «Пуск». Распечатка информации до конца последнего записанного цикла и остановка МАГ происходят автоматически. Если необходимо остановить печать в любой момент, надо

нажать кнопку «Сброс». Печать возобновляется нажатием кнопки «Пуск». Для контроля исправности комплекта АЦИТ—УОД надо сверить показания индикатора с показаниями на телетайпной ленте.

Для проверки качества покрытия ленты необходимо перемотать ее к началу. Поставить переключатели «Ввод»—«Контроль», «Вывод»—«Тест». Нажатием кнопки «Пуск» производится запись тестовой информации на всей ленте. Перемотать ленту к началу, поставить переключатель «Ввод»—«магнитофон», а «Вывод»—«тест» и нажать кнопку «Пуск». Информация на качественной ленте должна состоять только из одних «1», что контролируется по индикатору.

Перед измерениями переключатели режимов АЦИТа «автономный—зонд», цикличности и поддиапазонов электропроводности (положение выбирается по известной заранее солености воды) переводятся в положения по выбору оператора. Включается питание АЦИТа. Измеритель вставляется в титановый корпус, крепящие верхнюю крышку болты закручиваются до упора и снимаются резиновые арретиры с осей вертушек. Для работы в режиме «автономный» АЦИТ с помощью кронштейна (рис. 127) крепится к тросу буйрепа. Для этого трос вставляется в щель штанги *1* и фиксируется с помощью зажимных болтов *10*. Нижним раздвижным коленом кронштейна *9* измерителю придается начальный угол наклона. Для работы в режиме «зонд» измеритель крепится таким же образом. В режиме «автономный» АЦИТ может оставаться на заякоренной буйковой станции, например на серийной станции ГМ-46. В режиме «зонд» измеритель опускается в воду за борт с помощью большой или малой (в зависимости от глубины погружения) лебедки типа «Океан», «ЛЭРОК-0,5» или «ЛЭРОК-1,2». Бортовой блок УОД устанавливают в судовой лаборатории по возможности ближе к вычислительным и регистрирующим устройствам с расчетом иметь удобные линии связи с ними. Необходимо также предусмотреть удобство проводки кабеля с гидрофоном от УОД за борт. После проверки креплений крышки и АЦИТа на кронштейне измеритель осторожно опускается за борт на заданную глубину. Удары АЦИТа о твердые предметы не допускаются. В воду опускается гидрофон. Для работы с помощью гидроакустического канала связи кабель гидрофона подключается к разъему «гидрофон» на передней панели УОД. Для производства измерений необходимо поставить переключатели «Ввод»—«Акустика», «Вывод»—«индикация» или «телетайп», а тумблер режима «автономный—зонд» — в *положение, соответствующее выбранному режиму АЦИТа.* Прием информации в подрежимах «Индикация» или «телетайп» производится, как и при проверке исправности комплекта.

При снятом магните с верхней крышки АЦИТа он работает в течение 1800 с в дополнительных режимах с цикличностью 30 с в автономном режиме или с цикличностью 2 с — в режиме зондирования. По истечении этого периода АЦИТ переходит автоматически в режимы с цикличностью, установленной переключателем в режиме «автономный» или с цикличностью 30 с в режиме «зонд». В этом режиме при длительной работе можно заблаговременно демонтировать датчик скорости течения: отсек с датчиком отделяется от основного титанового корпуса.

После подъема АЦИТа из воды необходимо проверить целость резиновой прокладки под верхней крышкой вертушки, а вертушки промыть пресной водой. Следует иметь в виду, что герметичность титанового корпуса обеспечивается специальной проточкой в месте соединения с крышкой и основано на эффекте самоуплотнения резиновой прокладкой под действием гидростатического давления снаружи; одно лишь поджатие крышки болтами не обеспечивает герметичности корпуса.

24.5. Обработка информации АЦИТа

При обработке информации АЦИТа предполагается использование ЭВМ. Для этого предварительно разрабатывают программу ввода полученного массива информации и последующей обработки с расчетом получить готовые результаты измерений в виде документа. Форма, язык программы и вид ее носителя зависят от типа ЭЦВМ. Например, для ЭЦВМ «Минск-32» программа может быть составлена на языке «Фортран» и записана в долговременную память в виде магнитной ленты. Для использования ПКЭЦВМ «Искра-1250» программа составляется на специальном машинном языке и хранится на магнитной карте.

Управление каждой ЭЦВМ при вводе информации и ее обработке требует специальной подготовки оператора. Обслуживание и использование ПКЭЦВМ «Искра-1250» и других мини-ЭВМ возможно самим оператором—океанологом. Использование вычислительных машин, управляемых автоматически по программам, упрощается тем, что необходимые программы для работы океанолога могут быть заимствованы. Кроме того, часто имеется возможность совершенствовать их по мере приобретения опыта работы на ЭЦВМ.

Программоуправляемая электронная клавишная вычислительная машина (ПЭКВМ) «Искра-125» с помощью сменной платы УОД в подрежиме «ЭВМ» автоматически принимает массив информации от АЦИТа. Она также может агрегатироваться с устройством записи—считывания с магнитной карты,

с устройством печати и со своим КНМЛ. Машина имеет блок клавиатуры для набора программ и чисел, блок отображения символьной информации на электронно-лучевой трубке, которая является основным устройством вывода результатов, контроля программ и числового материала. Система счисления ввода—вывода клавиатурой — десятеричная. Форма представления чисел на ЭЛТ — естественная или с плавающей запятой. Разрядность — от 4 до 12 десятичных разрядов. Емкость оперативного запоминающего устройства — 1 килобайт (1024 байта). Емкость постоянного запоминающего устройства — 8,2 килобайта. Блок ЭЛТ отображает одно число или четыре строки символов программы. Способы управления операциями — по программам или вручную. Основные режимы работы машины: «нулевая установка» (сброс всей оперативной памяти), «ручной счет», «ввод программы» и «счет по программе». При обработке информации АЦИТа на машине возможно получение статистических характеристик до 16 вариационных рядов, а также корреляционные характеристики и другие более сложные виды обработки.

При отсутствии ЭВМ на судне возможна ручная обработка информации АЦИТа. При этом показания датчиков измерителя переводятся в физические величины — измеряемые океанографические элементы.

Первым этапом ручной обработки информации является распечатка ее на телетайпе или перезапись с цифрового табло на бланк. При работе измерителя в автономном режиме распечатка каждого цикла измерений получается в следующем виде:

$$+5747 = +4320 = +7272 = +2543 = +2430 = \\ = +2760 = +0640 = +2471 = +0317,$$

где первая группа — контрольный параметр, вторая — код температуры воды, далее по порядку — коды электропроводности воды, первого компонента скорости течения, второго компонента скорости, угла отклонения прибора от вертикали, первого компонента направления, второго компонента направления, гидростатического давления. В режиме «зондирование» в цикле отсутствуют группы № 4, 5, 6, 7, 8. Распечатанная информация представляется в восьмеричном исчислении, поэтому следующим этапом является перевод ее в десятеричную систему. Для этого используется формула

$$A \cdot 8^3 + B \cdot 8^2 + C \cdot 8^1 + D \cdot 8^0 = N_{(10)},$$

где A, B, C, D — восьмеричные числа в соответствующих разрядах группы. Например, код $2430_{(8)}$ переводится в десятеричное число по этой формуле так:

$$2 \cdot 512 + 4 \cdot 64 + 3 \cdot 8 + 0 \cdot 1 = 1304_{(10)}.$$

Однако десятеричные числа, полученные в результате такого пересчета, не являются истинными величинами, а представляют собой условные значения, которые с помощью приведенных ниже приемов пересчета необходимо перевести в истинные значения измеряемых параметров.

Значения температуры воды находятся из таблицы, прилагаемой к формуляру АЦИТа, по значениям восьмеричного кода — показаний температуры.

Вместо этого может использоваться заранее приготовленный график статической характеристики датчика.

Значения электропроводности рассчитывают в десятеричной системе счисления по формулам

$$\gamma = C \cdot 0{,}0154 \frac{E}{4095} \text{ — для первого поддиапазона;}$$

$$\gamma = C \cdot \left(0{,}0154 \frac{E}{4095} + 0{,}01155\right) \text{ — для второго поддиапазона,}$$

где C — константа датчика электропроводности, определяемая при градуировке; E — десятеричное значение показания измерителя.

Гидростатическое давление определяют по градуировочному графику в формуляре для канала давления.

Скорость течения рассчитывается с использованием показаний по обоим компонентам, которые определяются по формулам

$$V_1 = m_{1\tau} \Delta K_1,$$

$$V_2 = m_{2\tau} \Delta K_2,$$

$$V' = \sqrt{V_1^2 + V_2^2},$$

где V_1, V_2 — 1-й и 2-й компоненты скорости течения, м/с; $m_{1\tau}$, $m_{2\tau}$ — коэффициенты из таблицы формуляра для нижней и верхней вертушек датчика для цикличности, которая использовалась при измерении τ; ΔK_1 и ΔK_2 — приращения *десятеричного* кода за период при этой же цикличности измерений; V' — неисправленный модуль скорости течения.

Учет погрешности в определении скорости течения за счет отклонения АЦИТа от вертикали производится учетом угла наклона $\beta°$ его продольной оси от вертикали. Из таблицы в формуляре по *десятеричному* коду β определяется угол $\beta°$ и по формуле

$$V = \frac{V'}{\cos \beta°} \text{ м/с}$$

определяется истинная скорость течения.

Направление течения α° определяется по таблицам сочетаний двух компонентов α_1 и α_2 *восьмеричного* кода направления течения. К формуляру АЦИТа прилагаются также таблицы перевода в соответствующие океанографические величины *восьмеричных* значений кодов температуры и давления.

Таким образом, в случаях, когда для перевода в океанографические величины с помощью таблиц формуляра не требуется никаких вычислений, можно пользоваться восьмеричными значениями кодов параметров.

Вопросы и задания

1. Составить измерительную структурную цепь от датчиков до ЭВМ в комплекте АЦИТ—УОД.
2. В чем заключается принцип действия АЦП?
3. Разъяснить взаимодействие узлов АЦИТа во время цикла измерений.
4. Каким способом преобразуется информация, записанная на ленте КНМЛ в текст на телетайпной ленте?
5. Что означают четырехзначные цифры на световом табло и на ленте телетайпа в обоих режимах работы АЦИТа и УОД?
6. Как подтверждается исправность УОД?
7. Как можно проверить исправность АЦИТа с помощью УОД без телетайпа и с телетайпом?
8. Что показывает АЦИТ, установленный в лаборатории подключенный к УОД в действии?
9. Как по двум кодовым направлениям течения определить направление течения в градусах?
10. Объяснить, что выполняет ЭЦВМ «Искра-125» и в каких режимах?

Глава 25
НАБЛЮДЕНИЯ НАД ТЕМПЕРАТУРОЙ ПОВЕРХНОСТИ МОРЯ С ПОМОЩЬЮ ИНФРАКРАСНОГО РАДИОМЕТРА

25.1. Физические основы радиометрического принципа измерения температуры поверхности моря. Технические характеристики, устройство и структурная схема ИК-радиометра. Производство измерений

Все тела, температура которых выше абсолютного нуля, излучают электромагнитные волны — инфракрасный поток радиации в диапазоне 0,76—50 мкм. Инфракрасное излучение подчи-

няется общим физическим законам распространения, преломления, интерференции, дифракции и поляризации электромагнитных колебаний. Интенсивность излучения в инфракрасном диапазоне различных тел зависит от длины волны и от температуры излучающего тела. Для поверхности моря максимум инфракрасного излучения приходится на длину волны около

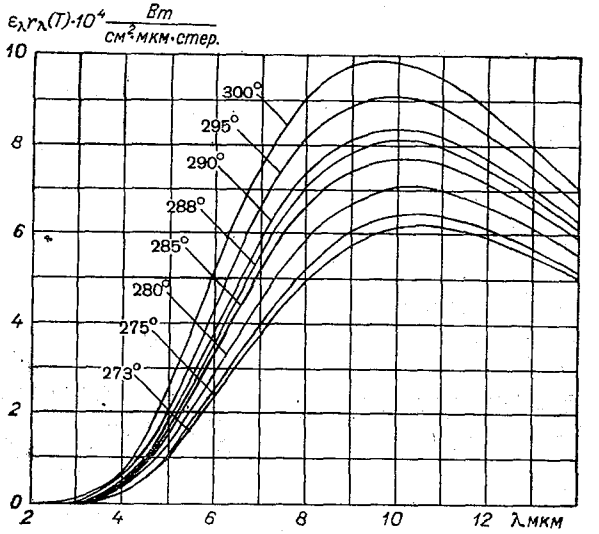


Рис. 134. Излучение воды при различных температурах в инфракрасной области спектра.
$\varepsilon_\lambda r_\lambda (T)$ — спектральная интенсивность плотности излучения с поверхности воды; λ — длина волны.

10 мкм (рис. 134). В диапазоне 8—13 мкм измерение излучаемого поверхностью моря потока наиболее выгодно, так как почти не подвержено влиянию помех, вносимых отраженной от поверхности моря солнечной радиацией и излучением атмосферы.

Радиометрический принцип измерения температуры поверхности моря заключается в измерении радиационного потока от него с помощью радиационного термометра (ИК-радиометра, сокр. ИКР) (рис. 135). Его работу можно пояснить законом Стефана—Больцмана о соотношении между тепловым излучением тел и их температурой:

$$Q = K\sigma T^4,$$

где Q — радиационный поток с единицы поверхности; K — коэффициент излучения; σ — постоянная Стефана—Больцмана

$(5{,}6 \cdot 10^{-12}$ Вт/(см$^2 \cdot$К^4)); T — абсолютная температура излучаемой поверхности.

Излучаемый с поверхностной пленки *1* толщиной 0,02—0,05 мм поток в инфракрасной части спектра проходит через атмосферу *2* и оптическую систему *3*, попадает на чувствительный к инфракрасному потоку элемент (болометр) *4*. Болометр преобразует энергию сконцентрированного на нем потока

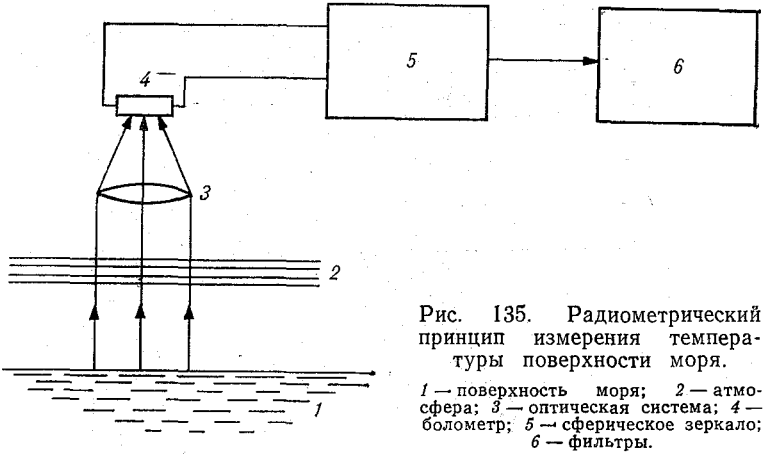


Рис. 135. Радиометрический принцип измерения температуры поверхности моря.

1 — поверхность моря; *2* — атмосфера; *3* — оптическая система; *4* — болометр; *5* — сферическое зеркало; *6* — фильтры.

радиации в пропорциональное этой энергии значение электрического тока. Этот ток после усиления блоком *5* регистрируется самописцем. Самописец должен иметь нуль посередине шкалы. Используется ИКР с самолета на высотах полета 100—500 м.

Имеет место частичное поглощение инфракрасного потока от поверхности моря водяным паром и смесью атмосферных газов (CO_2, O_3), рассеяние на взвешенных частицах, а также собственное излучение атмосферы в интервале 8—13 мкм. Поэтому в зависимости от состава атмосферы и метеорологических условий могут возникать случайные погрешности измерений температуры поверхности моря. Экспериментами установлено: при температуре воздуха 20—30 °С и относительной влажности 70—80 % и при высоте полета 100—200 м абсолютная случайная погрешность измерения температуры поверхности моря составляет $\pm|0{,}1 \ldots 0{,}3|$°С. При свежем ветре на поверхности моря образуется слой белой пены над гребнями волн, которая изменяет условия излучения. Поэтому при волнении моря более 5 баллов использование ИКР нецелесообразно.

Инфракрасный поток радиации можно преобразовать в видимый с помощью электрооптического устройства. При этом,

если применить развертку изображения на экране электронно-лучевой трубки, то получится тепловая картина акватории под самолетом.

Большинство ИКР регистрирует температуру морской поверхности по маршруту полета самолета в форме кривой на ленте самописца.

Разработано несколько конструкций самолетных ИКР. Основные технические характеристики одного из них следующие: диапазон измеряемых температур (—2... +30)°С; угол зрения 8,5°; охватываемая при измерении площадь за 1 с с высоты 200 м 30×120 м; чувствительность прибора к перепаду температур 0,1 °С; средняя квадратическая погрешность измерения температуры ±0,3 °С; питание от бортовой сети самолета — 27 В.

Прибор (рис. 136) двухканальный. Это сделано для повышения надежности и возможности измерения в двух разных спектральных диапазонах (с применением разных фильтров в обоих каналах). Поток радиации от морской поверхности через специальный оптический инфракрасный фильтр *1* попадает на вращающийся диск *2* модулятора на оси электродвигателя ЭД. Диск имеет двусторонние зеркальные секторы, смежные с прозрачными секторами. Имеется также эталонный источник инфракрасного потока радиации — модель абсолютно черного тела (АЧТ), температура которого поддерживается строго постоянной. Инфракрасный поток от АЧТ через фильтр *3* также попадает на диск модулятора. Поэтому при вращении диска модулятора потоки радиации: измеряемый — от поверхности моря и эталонный — от АЧТ попеременно с частотой 35 Гц направляются по обоим каналам на объективы, состоящие из сферических зеркал *4* и *5* и фильтров *6*. Здесь промодулированные диском модулятора потоки ИК-радиации концентрируются на полупроводниковых болометрах, включенных во входные цепи предварительных и далее основных усилителей обоих каналов. С выхода каждого из этих усилителей сигнал в форме напряжения, пропорционального разности температур морской поверхности и АЧТ, поступает на фазовый детектор, необходимый для синхронного детектирования полезного сигнала. На общей оси с электродвигателем вращается ротор генератора (ГОН), который вырабатывает вспомогательное переменное опорное напряжение. Оно служит в качестве управляющего для синхронного детектирования напряжения полезного сигнала. В обоих каналах продетектированные сигналы усиливаются усилителями постоянного тока и регистрируются потенциометрами-самописцами. Кроме ручного включения нагрева, для надежной автоматической стабилизации температуры АЧТ ток в его нагревательной обмотке регулируется

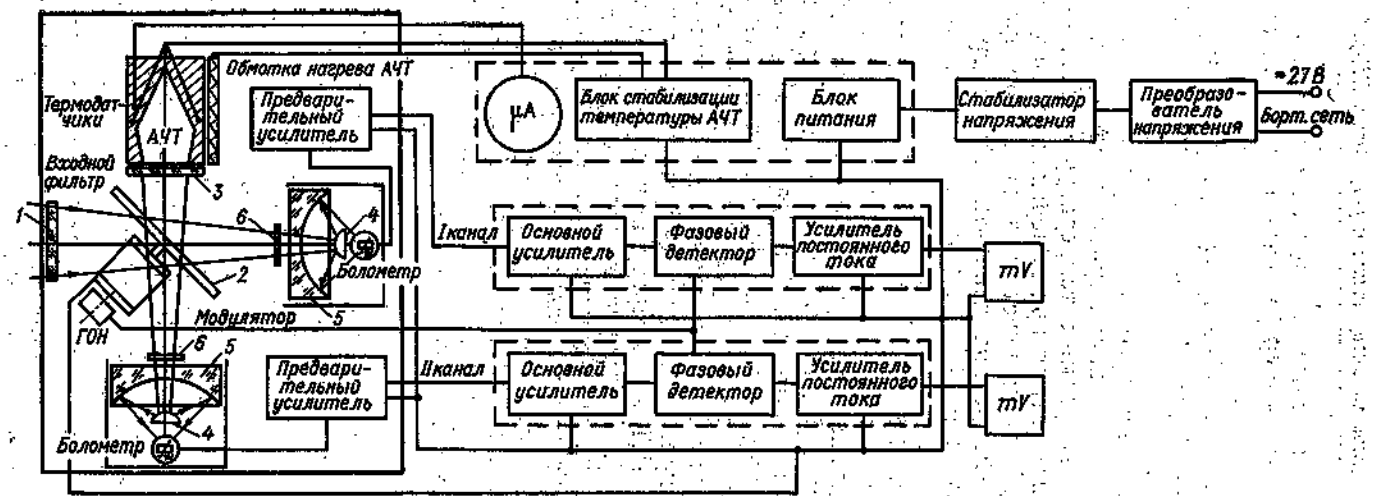


Рис. 136. Структурная схема инфракрасного радиометра.

специальным электронным блоком. Температура АЧТ измеряется термистором, включенным в плечо мостовой схемы. Она управляет релейным узлом автоматического включения тока нагрева АЧТ.

Градуировка прибора производится с помощью имитатора морской поверхности; им служит ванна с водой. Температура

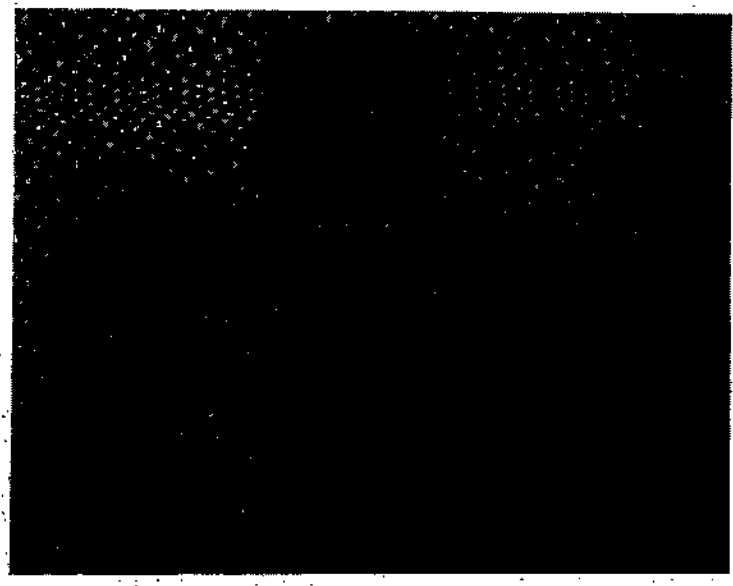


Рис. 137. Общий вид инфракрасного радиометра.

поверхности воды в ванне должна быть известна. Задавая температуру имитатора и зная температуру эталонного источника (АЧТ) $T_э$, определяют показания прибора, соответствующие разнице этих температур $|\Delta T|$.

Температура поверхности моря $T_м$ определяется алгебраической суммой

$$T_м = T_э \pm \Delta T. \qquad (40)$$

Общий вид радиационного термометра показан на рис. 137. Оптическая головка ИКР крепится над фотолюком в фюзеляже самолета так, чтобы она не обдувалась нагретым или, наоборот, холодным воздухом. Электронные блоки устанавливают в зоне минимальных вибраций фюзеляжа самолета. Авиасъемка температуры поверхности моря выполняется чаще по выбранным маршрутам или по квадратам для задач клима-

тологии, уточнения прогнозов температуры воды, погоды, льдообразования и других целей. Съемочные маршруты выбираются в зависимости от конкретных задач и привязываются к определенным гидрологическим разрезам. Густота галсов выбирается с учетом особенностей гидрологического режима моря. Для выполнения авиасъемок требуется надежное обеспечение прокладки и воздушного счисления пути электронавигационными, радионавигационными и другими техническими средствами. Наивыгодная скорость полета при съемках 180—250 км/ч, высота 200—300 м. Крен и угол тангажа (между продольной осью фюзеляжа и горизонтом) не должен превышать 20°. Перед полетом делается проверка исправности прибора с помощью имитатора поверхности моря по контрольным градуировочным точкам. В случае расхождений контрольных показаний больше чем на $|0{,}1|$ °С составляется новая градуировочная кривая. За 1—2 ч до полета подогревают АЧТ, а за полчаса перед измерениями включают электронную часть прибора.

Процесс измерения ИКР заключается в непрерывной регистрации температуры поверхности моря с рабочей высоты полета и одновременного ведения графической прокладки маршрута полета. При этом через каждые 3—5 мин делаются оперативные отметки на ленте самописца и на прокладке. Рекомендуемая скорость протяжки ленты 2400—9600 мм/ч.

Для контроля информации, полученной ИКР, в случае получения пространственного распределения поля температуры наблюдение привязывается к судовым или прибрежным репрезентативным наблюдениям. Для этого выполняется пролет вблизи судна или прибрежной станции.

25.2. Обработка показаний ИК-радиометра

Обработка показаний ИКР состоит в снятии отсчетов ΔT относительно нулевой линии (нуля шкалы самописца) с ленты самописца в масштабе для рабочего диапазона и использовании формулы (40) с учетом систематических поправок. По результатам съемок получают оперативные бланковые карты с изолиниями температуры поверхности моря, а также карты пространственного распределения температуры на основании детальных значений ее в точках перегиба кривой на ленте самописца. Могут быть получены и другие характеристики.

При работе с ИКР ведется бортовой журнал съемки температуры, журналы работы и градуировки прибора, бортовой журнал попутных гидрометеорологических наблюдений (ТГМ-1), дневник работ и карта маршрутов полета. Формы документов

приведены в приложении 2 «Руководства по применению аэрометодов в океанографии», ч. II, Гидрометеоиздат, 1971 г.

Вопросы и задания

1. На каком физическом законе основано измерение температуры поверхности моря с помощью ИКР?
2. Перечислить основные блоки ИКР.
3. Пояснить назначение модели абсолютно черного тела.
4. Пояснить назначение диска модулятора в приборе.
5. Для чего в ИКР используются два канала измерения?
6. В чем заключается процесс градуировки ИКР и с помощью какого устройства?
7. Какую величину фактически измеряет ИКР?
8. Какие условия измерения с помощью ИКР являются оптимальными?
9. В чем состоит производство измерения прибором?
10. В чем заключается обработка показаний ИКР для получения результата — температуры поверхности моря?

СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Дерюгин К. К., Степанюк И. А. Морская гидрометрия.— Л.: Гидрометеоиздат, 1974.— 392 с.

2. Маклаков А. Ф., Снежинский В. А., Чернов Б. С. Океанографические приборы.— Л.: Гидрометеоиздат, 1975.— 384 с.

3. Наставление гидрометеорологическим станциям и постам, вып. 9, часть 1.— Л.: Гидрометеоиздат, 1968.— 424 с.

4. Наставление гидрометеорологическим станциям и постам, вып. 9, часть 2.— Л.: Гидрометеоиздат, 1964.— 367 с.

5. Наставление гидрометеорологическим станциям и постам, вып. 9, часть 3.— Л.: Гидрометеоиздат, 1971.— 150 с.

6. Наставление гидрометеорологическим станциям и постам, вып. 9, часть 4.— Л.: Гидрометеоиздат, 1978.— 108 с.

7. Океанографические таблицы. Изд. 4-е.— Л.: Гидрометеоиздат, 1975.— 477 с.

8. Руководство по гидрологическим работам в океанах и морях.— Л.: Гидрометеоиздат, 1977.— 725 с.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие 3

Введение 4

Раздел 1. ОСНОВЫ МЕТРОЛОГИИ

Глава 1. Основные метрологические понятия. Погрешности измерений 9
Глава 2. Система обеспечения единства измерений 52

Раздел 2. МОРСКИЕ ГИДРОЛОГИЧЕСКИЕ НАБЛЮДЕНИЯ

Введение 69
Глава 3. Оборудование океанографических судов 70
Глава 4. Промерно-грунтовые работы 88
Глава 5. Отбор проб морской воды 100
Глава 6. Измерение температуры воды 115
Глава 7. Наблюдения над волнением моря 138
Глава 8. Наблюдения над ледяным покровом 149
Глава 9. Наблюдения над колебаниями уровня моря 171
Глава 10. Наблюдения над морскими течениями 191
Глава 11. Определение прозрачности и цвета моря 223
Глава 12. Подготовка океанографической информации к механизированной обработке 227
Глава 13. Организация океанографических наблюдений 240
Глава 14. Инспекция морских гидрометеорологических постов 249

Раздел 3. ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ОКЕАНОГРАФИЧЕСКИЕ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ПРИБОРЫ

Введение 252
Глава 15. Общие сведения об электрических океанографических измерительных приборах. Правила техники безопасности при работе с ними 256
Глава 16. Приемка, хранение и транспортировка приборов 292
Глава 17. Общие вопросы технического обслуживания и монтажа электрических океанографических измерительных приборов 298
Глава 18. Промерные эхолоты 311
Глава 19. Электрические океанографические приборы для измерения элементов волн 327
Глава 20. Электромагнитный измеритель характеристик течений ГМ-15М (ЭМИТ) 353
Глава 21. Дистанционная приставка ГМ-39 к самописцу уровня моря СУМ 367
Глава 22. Радиотелеметрические системы 372
Глава 23. Измерительный комплекс зонд-батометр 394
Глава 24. Автоматический цифровой измеритель АЦИТ 409
Глава 25. Наблюдения над температурой поверхности моря с помощью инфракрасного радиометра 438
Список рекомендуемой литературы 446

Александр Васильевич Остроухов, Юрий Иванович Шамраев

МОРСКАЯ ГИДРОМЕТРИЯ

Редактор З. И. Мироненко. Художник Б. А. Денисовский.
Технический редактор Л. М. Шишкова. Корректоры С. П. Доничкина, Л. Б. Лаврова

ИБ № 743

Сдано в набор 21.01.81. Подписано в печать 26.05.81. М-16722. Формат 60×90¹/₁₆, бумага тип. № 1. Гарнитура литературная. Печать высокая. Печ. л. 28,73 с вкл. Кр.-отт. 28,73. Уч.-изд. л. 29,62. Тираж 2100 экз. Индекс ОЛ-163. Заказ № 20. Цена 1 р. 20 к.
Гидрометеоиздат. 199053, Ленинград, 2-я линия, д. 23.
Ленинградская типография № 8 ордена Трудового Красного Знамени Ленинградского объединения «Техническая книга» им. Евгении Соколовой Союзполиграфпрома при Государственном комитете СССР по делам издательств, полиграфии и книжной торговли.
190000, г. Ленинград, Прачечный переулок, 6.