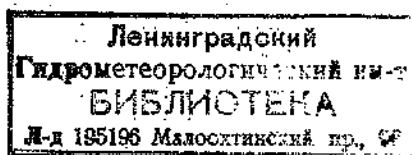


Г. Н. Кондрашов, Б. В. Васильев, Ю. И. Кузьмин

289592

ЭКСПЛУАТАЦИЯ И РЕМОНТ СРЕДСТВ РАДИОЗОНДИРОВАНИЯ АТМОСФЕРЫ

Допущено
Главным управлением гидрометеорологической службы
при Совете Министров СССР в качестве учебного пособия
для гидрометеорологических техникумов



Гидрометеониздат
Ленинград 1976

Н. П. Белов (Московский гидрометеорологический техникум)

Р. Д. Черняк (Харьковский гидрометеорологический техникум)

В. Д. Решетов (Центральная аэрологическая обсерватория)

Ответственный редактор Г. М. Вайсман

Книга является пособием по обслуживанию технических средств, используемых на аэрологических станциях при радиозондировании атмосферы.

Описывается устройство и принцип действия радиозондов, радиолокационных метеорологических станций и других средств наблюдения за состоянием атмосферы. Даются рекомендации по ремонту технических средств, выполнению профилактических работ и проверке точностных характеристик.

Учебное пособие предназначено для учащихся гидрометеорологических техникумов. Может быть полезно также для специалистов, обеспечивающих эксплуатацию радиолокационных средств и приборов в Гидрометеорологической службе, а также для студентов высших и средних специальных заведений гидрометеорологических специальностей.

This book is a facility on the service of the air — sounding equipment used on the aerological stations.

The construction and action principle of the radiosondes, radar meteorological stations, and other means of the atmospheric condition observations are described. The instructions for the repair and maintenance of the equipment and for checking up the accuracy characteristics are given.

The training facility is intended for the hydrometeorological technical schools students. It may be also useful for the personnel, providing the hydrometeorological radar service as well as for the students of the technical schools and colleges, specializing in the field of hydrometeorology.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие

7

ЭКСПЛУАТАЦИОННО-ТЕХНИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ К СРЕДСТВАМ РАДИОЗОНДИРОВАНИЯ

Часть первая.

Глава 1.1.	Радиотехнические системы измерения скорости и направления ветра и точность измерений	10
1.1.1.	Внешняя среда и ее влияние на средства радиозондирования	10
1.1.2.	Способы и средства определения ветра в свободной атмосфере	15
1.1.3.	Влияние диаграммы направленности и подстилающей поверхности на точность измерения ветра	24
Глава 1.2.	Радиотелеметрические измерения в атмосфере	34
1.2.1.	Методы и средства радиотелеметрических измерений	34
1.2.2.	Требования к точности измерения основных параметров атмосферы	48
Глава 1.3.	Надежность средств радиозондирования	52
1.3.1.	Основные термины и определения	52
1.3.2.	Физическая сущность надежности	53
1.3.3.	Характеристика отказов и неисправностей	56
1.3.4.	Надежность элементов — основное условие безотказности и долговечности аппаратуры РМС	62
1.3.5.	Сохранение надежности средств радиозондирования в эксплуатационный период	65
Глава 1.4.	Взаимосвязь технического состояния аппаратуры и ее метрологических характеристик	72
1.4.1.	Антенны радиолокационных метеорологических станций	72
1.4.2.	Диаграмма направленности антенны	80
1.4.3.	Согласование сопротивлений в АФС	82
1.4.4.	Погрешности за счет задержек в схемах РМС и РЗ (ПО)	90

1.4.5.	Погрешности, вносимые кинематическими схемами	96
1.4.6.	Погрешности измерений за счет ошибок	101

ЭКСПЛУАТАЦИЯ РАДИОЗОНДОВ, ИСТОЧНИКОВ ТОКА И УГОЛКОВЫХ ОТРАЖАТЕЛЕЙ

Часть вторая.

Глава 2.1.	Радиозонды типа А-22	105
2.1.1.	Устройство радиозондов типа А-22	105
2.1.2.	Устройство передатчика-ответчика А-35-1П	110
2.1.3.	Проверка исправности радиозонда и подготовка его к выпуску	115
2.1.4.	Неисправности радиозондов типа А-22 и их устранение	119
Глава 2.2.	Радиозонды типа РКЗ	123
2.2.1.	Общие сведения	123
2.2.2.	Устройство радиозондов РКЗ-2 и РКЗ-5	127
2.2.3.	Проверка и подготовка к выпуску радиозонда, передатчика-ответчика и уголкового отражателя	137
2.2.4.	Неисправности радиозондов типа РКЗ и их устранение	141
Глава 2.3.	Источники тока для радиозондов и передатчиков-ответчиков	153
2.3.1.	Устройство и принцип действия источников тока	153
2.3.2.	Подготовка, проверка и ремонт водозаливных источников тока	155
Глава 2.4.	Оборудование для контрольных проверок радиозондов и радиозондовых передатчиков	158
2.4.1.	Оборудование для проверки радиозондов А-22	158
2.4.2.	Оборудование для проверки радиозондов типа РКЗ	161
2.4.3.	Требования к оборудованию для контрольных проверок радиозондов	167

РАДИОТЕХНИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА, ПРИМЕНЯЕМЫЕ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА АЭРОЛОГИЧЕСКИХ НАБЛЮДЕНИЙ

Часть третья.

Глава 3.1.	Радиотеодолит «Малахит»	168
3.1.1.	Общие сведения	168

3.1.2.	Состав, устройство и принцип работы	169
3.1.3.	Антенно-фидерная система	172
3.1.4.	Приемное устройство	176
3.1.5.	Индикатор угловых координат	180
3.1.6.	Система отсчета угловых координат	183
3.1.7.	Привод антенны	183
3.1.8.	Система электропитания станции	184
3.1.9.	Развертывание и подготовка станции к работе	184
3.1.10.	Горизонтирование и ориентирование станции	185
3.1.11.	Сравнительные и контрольные наблюдения	187
3.1.12.	Уход за аппаратурой	187
3.1.13.	Проверка основных параметров радиотеодолита	188
3.1.14.	Правила техники безопасности	193
3.1.15.	Основные неисправности радиотеодолита и их устранение	199

Глава 3.2.

	Дальномерная приставка	200
3.2.1.	Основные сведения	200
3.2.2.	Антенно-фидерная система	201
3.2.3.	Передатчик	202
3.2.4.	Индикаторное устройство	203
3.2.5.	Система электропитания	208
3.2.6.	Настройка дальномерной приставки радиотеодолита «Малахит»	210
3.2.7.	Проверка основных параметров дальномерной приставки	212
3.2.8.	Особенности техники безопасности	214

Глава 3.3.

	Регистрирующее устройство ПР-16	218
3.3.1.	Полуавтоматический регистратор ПР-4М	219
3.3.2.	Реле времени ПР-9М	222
3.3.3.	Преобразователь сигналов ТУВ-РБ-2	224
3.3.4.	Дешифратор сигналов ПР-19	225
3.3.5.	Эксплуатация регистратора ПР-16	230

Глава 3.4.

	Радиолокационная метеорологическая станция «Метеорит»	245
3.4.1.	Основные сведения	245
3.4.2.	Состав станции	246
3.4.3.	Передающая система МТ-10	248
3.4.4.	Антенно-фидерная система МТ-20	250
3.4.5.	Приемная система МТ-30	252
3.4.6.	Система счета МТ-40	256
3.4.7.	Система измерения дальности МТ-50	261
3.4.8.	Система передачи и регистрации данных МТ-60	267
3.4.9.	Система управления антенной МТ-70	269

3.4.10.	Система электропитания МТ-80	273
3.4.11.	Горизонтирование и ориентирование станций	274
3.4.12.	Проверка работоспособности станции и регулировка систем.	276
3.4.13.	Подготовка станции к сопровождению радиозондов и уголковых отражателей	281
3.4.14.	Контроль и настройка систем станции	282
3.4.15.	Профилактические мероприятия	295
3.4.16.	Ремонтные работы	296
3.4.17.	Правила техники безопасности	297
Глава 3.5.	Радиолокационная метеорологическая станция «Метеорит-2»	303
3.5.1.	Основные сведения	303
3.5.2.	Состав станции и принцип работы	304
3.5.3.	Передающая система МТМ-10	309
3.5.4.	Антенно-фидерная система МТМ-20	316
3.5.5.	Приемная система МТМ-30	317
3.5.6.	Система счета МТМ-40	328
3.5.7.	Система измерения дальности МТМ-50	339
3.5.8.	Система передачи и регистрации данных МТМ-60	350
3.5.9.	Система управления антенной МТМ-70	355
3.5.10.	Система электропитания МТМ-80	362
3.5.11.	Основные отличия РЛС «Метеорит-2» от РЛС «Метеор» и «Метеорит»	363
3.5.12.	Монтаж и настройка станции «Метеорит-2»	366
3.5.13.	Профилактические и ремонтные работы	367
3.5.14.	Правила техники безопасности	371
Глава 3.6.	Устройство ПР-58 (ОКА-3) для автоматического съема и перфорации данных системы «Метеорит» — РКЗ	395
3.6.1.	Краткое описание	395
3.6.2.	Монтаж, настройка и эксплуатация	400

Список литературы	404

ПРЕДИСЛОВИЕ

В последние годы во всех странах значительно возросла потребность в получении более полной и точной информации о состоянии и ожидаемых изменениях погоды.

Своевременное обнаружение намечающихся в атмосфере изменений возможно только при хорошо налаженных наблюдениях за ее состоянием. При этом результаты наблюдений, проведенных в разных пунктах и странах различными приборами, по всем метеорологическим элементам должны «стыковаться» как во времени, так и в пространстве.

Координацию работ по исследованию атмосферы, проведению глобальных наблюдений за метеорологическими процессами и обмену сводками погоды осуществляет Всемирная метеорологическая организация (ВМО). Каждая страна в определенном порядке и в установленные сроки передает метеорологическую информацию через свои радиометцентры по телеграфным и телефонным каналам связи. Так, метеорологические данные от соседних стран можно получить через 1—2 ч; за 3—4 ч можно собрать необходимые сведения о погоде на полушарии, а за 7—10 ч — на всем земном шаре.

Наблюдения за погодой организуются и проводятся по определенному плану, как с применением сравнительно простых приборов, так и с помощью радиолокационных метеорологических станций, радиозондов и радиопилотов, метеорологических ракет и спутников.

Аэрологическая сеть Гидрометслужбы СССР полностью переведена на радиолокационный метод наблюдений. Пункты наблюдения на территории Советского Союза, в Арктике и Антарктике, суда погоды и научно-исследовательские суда снабжены радиолокационными метеорологическими станциями «Малахит» и «Метеорит» («Метеорит-2»). Эти же станции при-

меняются метеорологическими службами ряда и других государств. Зондирование атмосферы осуществляется радиозондами типа А-22 и РКЗ. Для научных целей и уточнения результатов оперативного зондирования применяются радиозонды повышенной точности (РКЗ-3 и ПТТ).

Перевод аэрологической сети на современную радиолокационную технику потребовал серьезной подготовки кадров, обеспечивающих оперативные наблюдения.

Известно, что любое измерительное устройство имеет определенную допустимую погрешность измерения, которая характеризует класс точности. В процессе эксплуатации аппаратуры точность измерений ухудшается вследствие естественного износа и старения узлов, деталей и электровакуумных приборов, перекоса конструкции и т. п. Возрастают ошибки измерений, снижается точность и, следовательно, ценность наблюдений. Радиолокационные метеорологические станции «Малахит» и «Метеорит» («Метеорит-2»), радиозонды А-22 и РКЗ, составляющие в целом измерительные радиолокационные системы, в этом отношении не являются исключением. Исправность аппаратуры и приборов, образующих систему, а также паспортная точность измерений должны периодически проверяться специалистами аэрологических станций и отделов техники управлений Гидрометслужбы.

Сохранение надежности и длительной работоспособности метеорологических радиолокаторов и контрольно-измерительной аппаратуры возможно только при строгом планировании регламентных работ и профилактических осмотров, своевременном обнаружении и устранении неисправностей, организации поверки выходных метеорологических характеристик.

В данной книге рассмотрены радиотехнические системы для измерения элементов свободной атмосферы; способы измерения метеозадач; причины, вызывающие снижение выходных метеорологических характеристик; требования к точности измерений; вопросы надежности и долговечности аппаратуры; табельная радиотехническая аппаратура аэрологических станций, ее устройство (в объеме, необходимом для выполнения поверки и ремонта); описаны регламентные и ремонтные работы.

В то же время настоящее пособие не подменяет действующую методическую и техническую документацию по эксплуата-

ции систем радиозондирования «Малахит» — А-22 и «Метеорит» — РКЗ.

Так как система «Малахит» — А-22 постепенно снимается с эксплуатации, основное внимание в книге уделено радиолокационной метеорологической станции «Метеорит» («Метеорит-2») и радиозондам типа РКЗ.

Предисловие и главы 1.1 — 1.4, 2.1—2.3, 3.3 написаны Г. Н. Кондрашовым, главы 2.4, 3.1, 3.2, 3.4 — Б. В. Васильевым, глава 3.5 — Ю. И. Кузьминым; глава 3.6 — Г. Н. Кондрашовым, Б. В. Васильевым, Ю. И. Кузьминым.

Авторы признательны методическим комиссиям Московского, Харьковского и Дальневосточного гидрометеорологических техникумов, рассмотревшим план-проспект учебника, В. Д. Решетову, Н. П. Белову, Р. Д. Черняку, П. Ф. Зайчикову, О. В. Марфенко, а также научному редактору книги Г. М. Вайсману и другим товарищам, сделавшим ценные замечания по содержанию книги и оказавшим практическую помощь при ее написании.

ЭКСПЛУАТАЦИОННО- ТЕХНИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ К СРЕДСТВАМ РАДИОЗОНДИРОВАНИЯ

Часть первая.

Глава 1.1.

РАДИОТЕХНИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ ИЗМЕРЕНИЯ СКОРОСТИ И НАПРАВЛЕНИЯ ВЕТРА И ТОЧНОСТЬ ИЗМЕРЕНИЙ

1.1.1. Внешняя среда и ее влияние на средства радиозондирования

Окружающая земной шар атмосфера не остается постоянной и неизменной во времени. Изменение состояния атмосферы, происходящее под воздействием солнечной энергии, излучаемого Землей тепла и других факторов, приводит к изменению погоды. Знание законов изменения метеорологических элементов позволяет с достаточной вероятностью предсказывать ожидаемые изменения погоды.

Контроль за состоянием атмосферы осуществляют визуально и с помощью различных приборов, в том числе радиотехнических.

В качестве наземных средств радиозондирования атмосферы используют радиолокационные метеорологические станции (РМС), а в качестве выпускаемых в свободный полет — радиопилоты (РП) и радиозонды (РЗ). Носителями радиопилотов и радиозондов являются воздушные шары, наполненные водородом или гелием. Система РМС—РП предназначена для измерения направления и скорости ветра. Радиолокационная метеорологическая станция в определенные моменты времени измеряет наклонную дальность, угол места (вертикальный угол) и азимут (горизонтальный угол) радиопилота, т. е. его сферические координаты. После обработки результатов измерений получают информацию о ветре.

Система РМС—РЗ, кроме данных о ветре, позволяет получить информацию о температуре, влажности и давлении.

Находясь во внешней среде, РМС и РЗ непрерывно подвергаются ее воздействию, которое в конечном итоге приводит к увеличению погрешности измерений.

Климатические и погодные условия оказывают существенное влияние на работоспособность и надежность радиотехнических средств зондирования атмосферы.

Влияние влажности. Атмосферные осадки (дождь, снег, туман) всегда загрязнены химически активными веществами. Так, например, в 1 л наиболее чистой в природе дождевой воды содержится 0,034 г сухого остатка, состоящего из углекислых и сернистых солей кальция, магния, железа, хлористого натрия, солей серной и сернистой кислоты, органических и неорганических частиц и др. Кроме того, в воде находятся растворенные газы: азот, кислород и углекислый газ.

Количество указанных примесей в осадках неодинаково и зависит от района их выпадения. В приморских районах возрастают примеси солей, входящих в морскую воду; в промышленных районах увеличивается количество взвешенных частиц угля, сажи, обнаруживаются пары нефти, бензина, аммиака и др.

Элементы радиоаппаратуры изготавливаются в основном из технических металлов и сплавов, которые в большей степени, чем чистые металлы, подвержены влиянию так называемой атмосферной коррозии. Скорость проникновения коррозии (мкм/год) в глубь различных металлов и сплавов различна и при относительной влажности 85% и температуре 20°C составляет:

Свинец	4	Никель	32
Алюминий	8	Цинк	50
Медь	12	Железо	200

Проникая в поры материала, вода и примеси вступают во взаимодействие с его молекулами и атомами, изменяя не только электрические, но и механические свойства. Крепежные соединения ослабевают. Металлические изделия меняют цвет, шероховатость, электропроводность, нарушается поверхностная прочность. Разрушаются механические соединения (пайки, скрутки, зажимные контакты). Покрытые коррозией винтовые детали трудно разъединяются. До 30% уменьшается проводимость поверхностей голых обмоток катушек индуктивностей, объемных контуров и волноводов. Меняется декоративный вид панелей и шасси. Вследствие изменения активного и реактивного сопротивлений элементов направленных антенн происходит перераспределение энергии и изменяется диаграмма направленного излучения. Коаксиальные фидеры теряют гибкость и ломаются на изгибах с малыми радиусами и в местах натяжения. Внутренние поверхности волноводов теряют свои отражающие свойства.

Скорость протекания процесса этих нежелательных изменений зависит от относительной влажности (рис. 1.1.1), загрязненности атмосферы и поверхности материала активными солями, органическими частицами и газами, от температуры

окружающей среды и чистоты обработки деталей. Гладкие, полированные детали корродируют медленнее. Замедляют процесс коррозии поверхностные пленки на некоторых металлах (окислы на алюминии и титане).

Кроме атмосферной, встречается контактная коррозия металлов. Известно, что контактные потенциалы разных металлов и сплавов различны. Так, например, при соединении алю-

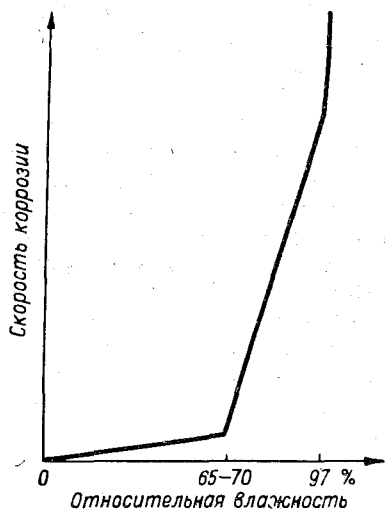


Рис. 1.1.1. График зависимости скорости коррозии от относительной влажности воздуха.

миния и меди возникают потенциалы $-1,3$ В на алюминии и $+0,34$ В на меди. При этом больше разрушается материал с отрицательным потенциалом. В результате контактной коррозии и электрохимических процессов повышается уровень шумов во входных цепях радиоприемных устройств.

Вода, попадая на контактные поверхности, способствует активизации газов и твердых частиц. Так, 50—100-часовое воздействие влаги на контакты переключателей и реле приводит к полному выходу их из строя, даже если контактные поверхности покрыты пленкой из благородных металлов.

В результате воздействия влаги на поверхность керамических материалов в 100—1000 раз снижается поверхностное сопротивление. При этом диэлектрические потери и проницаемость увеличиваются в несколько раз.

Изменение диэлектрических потерь и проницаемости изоляционных материалов приводит к изменениям частоты колебательных систем и к уменьшению их добротности, нарушению стабильности частоты или уменьшению напряжения, что может повлечь за собой расширение полосы пропускания частот (например, фильтров). Так, вода, обладая диэлектрической проницаемостью $\epsilon=81$, при относительно малом ее объеме в материале вызывает изменение его диэлектрической проницаемости в несколько раз.

Материалы из фторопласта, полистирола, полиэтилена, стеклотекстолита и др. под действием влаги практически не меняют своих параметров. Все остальные неметаллические материалы органического происхождения подвержены в той или иной сте-

пени влиянию атмосферных осадков. Особенно сильно насыщаются водой пористые неметаллические, слоистые материалы и материалы с неорганическими наполнителями. Быстро насыщаются влагой детали из текстолита, гетинакса, пресспорошков с наполнителями (особенно с древесной мукой).

Влияние влаги на элементы аппаратуры РМС обычно начинает сказываться через 6—12 месяцев. За два-три года эксплуатации уже обнаруживаются заметные изменения параметров, которые не восстанавливаются при смене радиоламп или полупроводниковых приборов.

Влияние температуры. Диэлектрическая проницаемость воды и воздуха оказывает существенное влияние на параметры РМС и других технических средств зондирования. Влияние температуры прежде всего сказывается на величине монтажной емкости между элементами в узлах и блоках и самих элементов (например, конденсаторов).

Диэлектрическая проницаемость сухого воздуха при температуре 40—100°C и нормальном атмосферном давлении изменяется от 1,0007 до 1,0004. С увеличением относительной влажности и температуры величина ϵ возрастает и при температуре +70°C и относительной влажности 90% достигает 1,0024. Повышение влажности и диэлектрической проницаемости воздуха приводит к уменьшению пробивного напряжения на элементах аппаратуры и к увеличению числа отказов.

Радиолокационные метеорологические станции рассчитаны на работу при относительной влажности воздуха 98%.

Наиболее жесткими условиями работы считаются тропические, когда аппаратура подвергается одновременному воздействию высокой влажности и температуры. Станции, предназначенные для работы в таких условиях, испытываются при температуре 40°C и относительной влажности не менее 95%.

Влияние бактерий и насекомых. Кроме способности противостоять влиянию влажности и температуры, РМС должна быть защищена от влияния плесени (грибковых образований) и воздействия термитов.

Основным видом питания грибов являются вещества, содержащие углеводы, азотные соединения, кислород и минеральные соли. В процессе жизнедеятельности грибки выделяют продукты обмена веществ — метаболиты. Они состоят из различного вида кислот, вызывающих коррозию металлов или разложение изоляционных материалов.

Размеры спор грибов не превышают 10 мкм, поэтому они легко переносятся потоками воздуха или насекомыми. Содержащая 90% воды плесень обладает сильной гигроскопичностью и из влажной атмосферы поглощает воду в количестве, превосходящем в несколько раз ее собственную массу.

Сырые и теплые складские помещения, не имеющие вентиляции или с плохой вентиляцией, способствуют образованию плесени. Чтобы избежать появления плесени или уничтожить ее, необходимо регулярно вентилировать воздух в кабине РМС или проветривать стационарное помещение. Воздух должен быть достаточно сухим и теплым, чтобы не вызывать конденсацию влаги на панелях и элементах РМС и приборов.

Условия, при которых не изменяются технические характеристики аппаратуры РМС в процессе хранения и эксплуатации, обычно приводятся в технической документации.

Существенную опасность для радиоаппаратуры представляют термиты. В СССР они встречаются в Туркмении, на юго-западе Украины, в Молдавии, их много в Северной Африке, Индии, Бирме. Для защиты от термитов внутренние помещения (кабины) РМС должны быть оборудованы плотно закрывающимися окнами и дверями. Если РМС не работает, отверстия вентиляционных систем должны быть плотно закрыты заглушками. Попавшие в помещение насекомые должны немедленно уничтожаться всеми доступными средствами.

Влияния пыли и песка. Существенное влияние на работу механических и электрических частей аппаратуры оказывают пыль и песок, находящиеся в атмосфере во взвешенном состоянии.

Медленно оседая под действием силы тяжести, пыль проникает в аппаратное помещение и скапливается на поверхности узлов (блоков) и элементов аппаратуры, благоприятствуя конденсации влаги. Коррозия металлов и процессы ухудшения изоляционных свойств материалов ускоряются. Увеличивается сопротивление покрытых пылью контактов переключателей и реле, что особенно опасно для реле с малыми контактными давлениями.

Поверхностное сопротивление изоляционных материалов снижается на несколько порядков. Соответственно уменьшается напряжение поверхностного пробоя.

Особенно много пыли скапливается в местах, где сказывается влияние напряжения постоянного тока (например, на электроно-лучевых индикаторах).

С высотой (например, в горах) концентрация пыли в атмосфере убывает. Так на уровне земли в 1 см^3 воздуха насчитывается около 100 пылинок, на высоте 1500 м — в среднем 1 пылинка в 1 см^3 . Однако при этом понижение давления заметно сказывается на ухудшении конвективного теплообмена, способствует испарению некоторых составляющих смазок, лаков, а иногда, при повышенной температуре, и составляющих твердых полимеров.

Попадая в кинематические схемы точных механизмов (например, блока управления антенной, блока управления по дальности, блока регистратора и др.), пыль заметно ухудшает работу механизмов, снижает точность отсчетов. Проникая между пластинами конденсатора переменной емкости, она уменьшает пробивное напряжение, увеличивает емкость и потери. Работоспособность и надежность РМС снижается. Поэтому с пылью необходимо бороться всеми известными способами.

1.1.2. Способы и средства определения ветра в свободной атмосфере

Известны три способа определения ветра: радиолокационный, радиотеодолитный и комбинированный.

Радиолокационный способ. Измерительную систему образуют радиолокационная станция и радиопилот. В качестве радиопилота используют угольный отражатель (УО) или передатчик-ответчик (ПО).

Измерение ветра в атмосфере производят следующим образом. РП выпускают на воздушном шаре в свободный полет. Под действием подъемной силы водорода (гелия) шар поднимает РП. Направление и скорость полета РП полностью зависят от направления и скорости перемещения воздушных масс. Его сферические координаты в заданные моменты времени определяет РМС.

Определение наклонной дальности сводится к определению времени Δt , за которое импульс электромагнитной энергии РМС, следуя в сравнительно однородной среде с постоянной скоростью $c=300\,000$ км/с, достигнет радиопилота и, отразившись от него, возвратится обратно. Тогда дальность будет равна

$$D = \frac{c(t_2 - t_1)}{2} = \frac{c \Delta t}{2}. \quad (1.1.1)$$

Измерение горизонтального (α) и вертикального (δ) углов РП в пространстве основано на определении соответствующих углов антенны РМС в строго установленные промежутки времени (моменты пеленга) (рис. 1.1.2).

Зная координаты радиопилота, можно найти его высоту

$$H = D \sin \delta \quad (1.1.2)$$

или горизонтальное удаление

$$L = D \cos \delta. \quad (1.1.3)$$

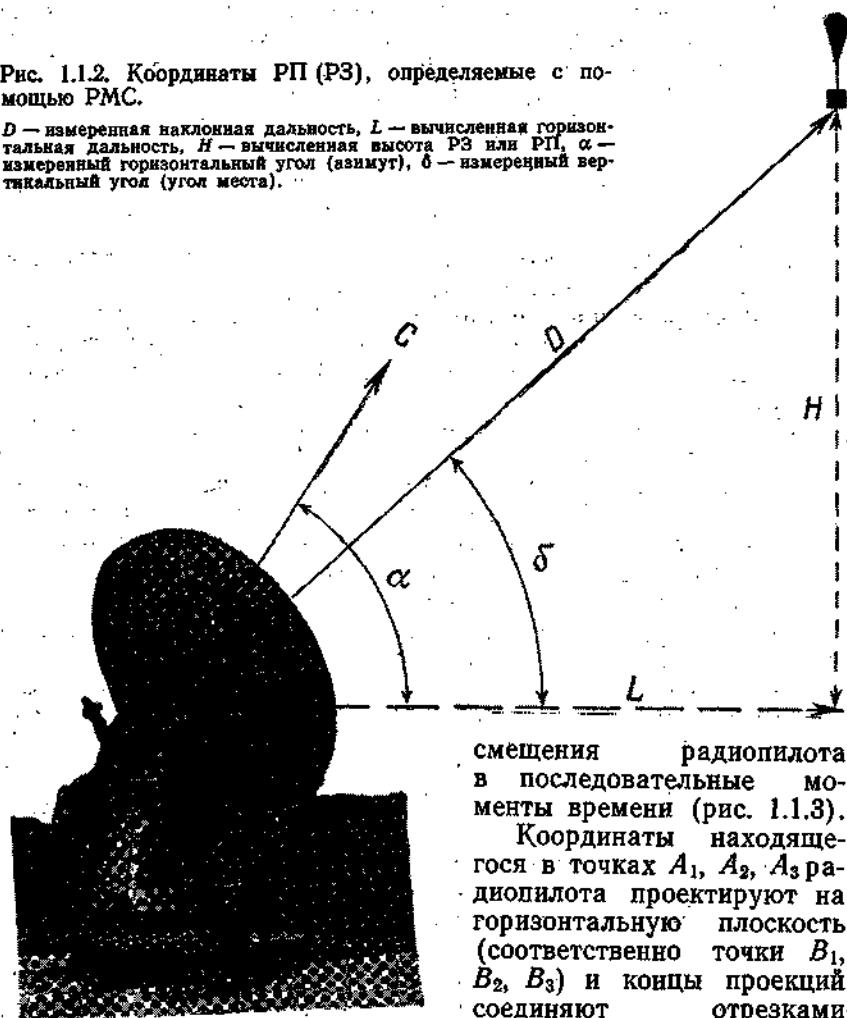
Так как в радиолокационном способе определения ветра исходными являются значения наклонной дальности, азимута и

угла места, данную координатную систему измерения ветра называют системой D, α, δ .

Чтобы определить скорость и направление ветра, необходимо графически рассчитать направление и величину горизонтального

Рис. 1.1.2. Координаты РП (РЗ), определяемые с помощью РМС.

D — измеренная наклонная дальность, L — вычисленная горизонтальная дальность, H — вычисленная высота РЗ или РП, α — измеренный горизонтальный угол (азимут), δ — измеренный вертикальный угол (угол места).



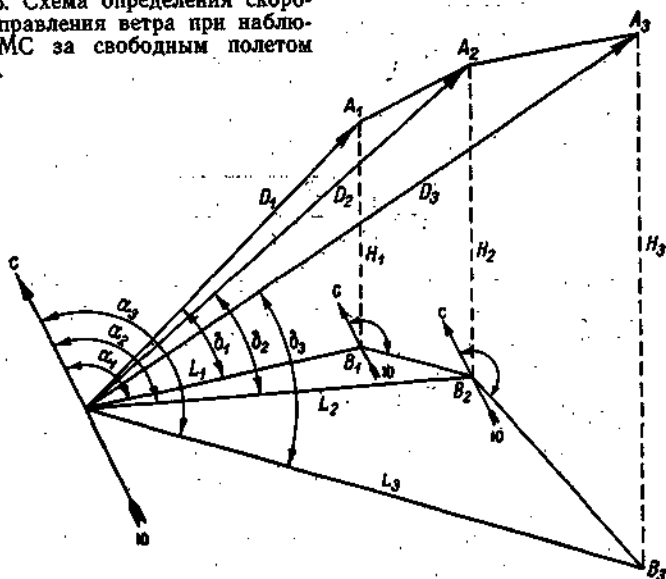
смещения радиопилота в последовательные моменты времени (рис. 1.1.3).

Координаты находящегося в точках A_1, A_2, A_3 радиопилота проектируют на горизонтальную плоскость (соответственно точки B_1, B_2, B_3) и концы проекций соединяют отрезками (B_1-B_2, B_2-B_3).

Зная горизонтальные углы $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3$ и рассчитав по уравнению (1.1.3) горизонтальное удаление радиопилота, по уравнению (1.1.2) определяют высоты, на которых происходят изменения направления и скорости перемещения воздушных масс.

Так как погрешность измерения наклонной дальности в радиолокационном способе орл весьма мала и для предельных удалений радиопилота составляет всего 40—100 м, то в системе D , α , δ погрешность в вычислении высоты связана только с погрешностью измерения вертикального угла. Погрешность измерения скорости ветра на высотах до 15 км невелика и ее не

Рис. 1.1.3. Схема определения скорости и направления ветра при наблюдении РМС за свободным полетом РП (РЗ).



учитывают. Выше 15 км она пропорциональна высоте зондирования и составляет

$$\sigma_{\text{рл}} = kH, \quad (1.1.4)$$

где k — постоянный коэффициент, равный 0,9—1,3.

Обладая достаточно высокой точностью измерения ветра, радиолокационный способ имеет существенные недостатки: наличие «мертвой зоны» вокруг РМС и малую высоту зондирования.

Радиус мертвой зоны $R_{\text{мин}}$ зависит от длительности излучаемых РМС импульсов и от промежутка времени, в течение которого антенный переключатель и приемная система не пропускают отраженные сигналы. Чем короче импульс и меньше время восстановления, тем меньше мертвая зона:

$$R_{\text{мин}} = \frac{c}{2} (\tau + \tau_{\text{в}}), \quad (1.1.5)$$

где τ — длительность импульса, $\tau_{\text{в}}$ — время восстановления.

Так, для РМС «Малахит» радиус мертвой зоны не менее 600 м, для РМС «Метеорит» он равен 250—300 м, для «Метеорит-2» — 150 м. Мертвая зона ограничивает пределы измерения малых расстояний и, следовательно, высоты. Поэтому первые измерения наклонной дальности РМС начинают, как правило, на второй, третьей или даже четвертой минуте наблюдения при высоте радиопилота 300—800 м. При наличии помех от местных предметов эта высота может быть еще больше.

Известно, что максимальная дальность действия РМС при наблюдении за уголковым отражателем зависит от мощности станции в импульсе $P_{\text{и}}$, длины волны λ , чувствительности приемного канала $E_{\text{мин}}$, коэффициента усиления антенны G_A и эффективной отражающей площади уголкового отражателя $A_{\text{отр}}$:

$$D_{\text{макс}} = \sqrt[4]{\frac{P_{\text{и}} G_A A_{\text{отр}} \lambda^2}{64\pi^3 E_{\text{мин}}}} \quad (1.1.6)$$

Из уравнения видно, что дальность действия РМС может быть увеличена несколькими путями, однако не все они экономически целесообразны. Так, например, чтобы увеличить дальность действия на 2 км, необходимо повысить на 16 кВт излучаемую передатчиком РМС мощность в импульсе или увеличить на 16 м² эффективную отражающую поверхность УО при той же чувствительности приемной системы.

Увеличение мощности в импульсе возможно только до определенных пределов. Дальнейшее ее увеличение не приводит к существенному выигрышу в дальности, зато значительно усложняет устройство и эксплуатацию РМС, удорожает ее стоимость и увеличивает потребляемую мощность. Наиболее экономичным является повышение потенциала радиотелеметрического канала за счет увеличения чувствительности и помехоустойчивости приемной системы, а также применение остронаправленных антенн.

Наиболее рациональным методом увеличения дальности действия РМС, как показал опыт, является применение станций с более короткими длинами волн. Это позволяет получить в точке приема лучшее соотношение сигнал/шум и производить измерение координат уголкового отражателя в радиусе действия РМС с паспортной точностью.

Точность измерения координат радиолокационным способом даже на метровых волнах была достаточно высокой. Метрологические характеристики РМС позволяли измерять угловые координаты с точностью 0,3—0,1° при максимальной погрешности измерения дальности не более 100 м. Однако из-за малой дальности сопровождения погрешность измерения угловых координат в конце наблюдения резко возрастала.

Учитывая положительные свойства более коротких радиоволн, станции дециметрового диапазона стали вытеснять с аэрологической сети РМС метрового диапазона. На смену РМС «Малахит» пришли радиолокационные метеорологические станции «Метеор» («Метеорит»). В 1967 г. на базе этих РМС была разработана более совершенная станция «Метеорит-2», у которой потенциал радиотелеметрического канала был значительно повышен. Одновременно был создан уголкового отражатель с эффективной отражающей поверхностью около 60 м².

Все это позволило увеличить дальность сопровождения уголкового отражателя до 120 км при точности измерения угловых координат 0,12° и наклонной дальности 40 м. Соответственно возросли высоты радиозондирования. Потолок зондирования практически стал зависеть от подъемных свойств и качества латекса радиозондовых оболочек.

Значительное увеличение дальности измерений ветра радиолокационным способом было получено после разработки и внедрения передатчиков-ответчиков (ПО).

По аналогии с уголкового отражателем, являющимся пассивным отражателем электромагнитной энергии, ПО можно назвать активным отражателем, так как он обладает собственным источником энергии сверхвысоких частот (СВЧ).

Принятая антенной ПО часть энергии запросного импульса РМС преобразуется, усиливается и направляется для запуска передатчика-ответчика. Время генерирования ответчика после каждого запросного импульса равно 0,8—1,2 мкс, мощность ответного импульса ПО типа А-35 достигает 0,1 Вт, а типа А-28 и РКЗ — 0,5 Вт.

По времени, прошедшему между излучением РМС зондирующего импульса и получением от ПО ответного сигнала, определяют наклонную дальность. Максимальная дальность сопровождения ПО зависит в основном от мощности в импульсе, генерируемом передатчиком-ответчиком и определяется по уравнению

$$D_{\text{макс}} = \sqrt{\frac{(P_{\text{РМС}} P_{\text{ПО}}) (G_{\text{РМС}} G_{\text{ПО}}) \lambda^2}{16\pi^2 E_{0\text{ мин}}}}, \quad (1.1.7)$$

где $P_{\text{РМС}}$ и $P_{\text{ПО}}$ — излучаемая РМС и ПО мощность в импульсе; $G_{\text{РМС}}$ и $G_{\text{ПО}}$ — коэффициенты усиления антенн РМС и ПО; $E_{0\text{ мин}}$ — чувствительность приемного канала ПО.

По принципу действия передатчики-ответчики являются свержегенеративными устройствами, у которых все три основных элемента (приемный, усилительный и передающий) объединены в одной схеме. В целях максимального удешевления такие схемы выполнены на одной-двух лампах и работают на одной частоте в режиме запроса и ответа.

Длительность запросных импульсов очень мала и составляет у РМС «Малахит», «Метеорит», «Метеорит-2» соответственно 2; 0,8 и 1,5 мкс. Время между двумя очередными посылками превышает длительность запросных импульсов в сотни раз, и для тех же станций оно будет в пределах 930—1200 мкс. Поэтому РМС успевает получить от ПО ответный импульс до посылки следующего запроса.

Максимальная дальность действия радиолокационных систем «Малахит» — А-35 увеличилась до 120 км, систем «Метеорит-2» — А-28 — до 250 км при одинаковой точности измерения координат радиопилота.

Радиотеодолитный способ. В 1949 г. был разработан принципиально новый, радиотеодолитный способ определения ветра, позволивший значительно увеличить дальность и потолок зондирования.

Измерительную систему образуют специальная радиопеленгационная установка и радиозонд с пеленгуемым радиоблоком.

Радиопеленгационная установка состоит из приемного устройства, подвижной антенны направленного действия, угломерной системы для измерения вертикального и горизонтального углов, занимаемых антенной в процессе сопровождения РЗ. Такую установку называли радиотеодолитом, а способ наблюдения — радиотеодолитным.

В состав радиозонда входят датчики метеорологических элементов (узлы давления, температуры, влажности), кодирующее устройство и коммутатор. Передача метеоинформации производится с помощью пеленгуемого радиоблока, состоящего из передатчика УКВ, антенны и источника питания. Блок-схемы современных радиозондов показаны на рис. 1.1.4.

Дальность действия системы определяется в основном мощностью излучения пеленгуемого радиоблока $P_{рб}$ и чувствительностью приемной системы радиотеодолита $E_{мин}$:

$$D_{\max} = \sqrt{\frac{P_{рб}}{E_{\min}}} k, \quad (1.1.8)$$

где k — коэффициент пропорциональности.

В качестве радиопеленгационной установки используется радиотеодолит «Малахит». Радиозонды А-22-III (IV) снабжены пеленгуемыми радиоблоками РБ-051А, ПРБ-1,5, А-36 и А-43 с мощностью излучения в импульсе не менее 0,1 Вт.

При чувствительности приемной системы радиотеодолита не хуже 8 мкВ дальность сопровождения радиозонда достигает 100—150 км. Максимальный радиус, в пределах которого информация о ветре получается с достаточной точностью, ограничивается расстояниями 80—100 км.

Определение сферических координат радиозонда радиотеодолитным способом производят по измеренным радиотеодолитом углам α , δ и вычисленной барометрической высоте. Ее определяют по данным о вертикальном распределении давления и температуры после обработки сигналов радиозонда (по барометрической формуле). Наклонную дальность находят по уравнению (1.1.2). Систему измерения скорости и направления ветра соответственно назвали системой H , D , α .

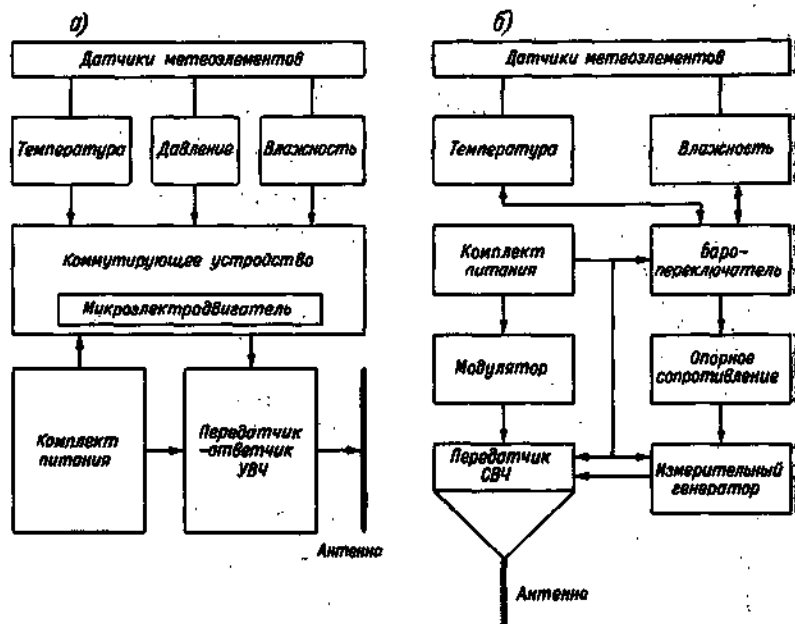


Рис. 1.1.4. Блок-схемы радиозондов типа А-22 (а) и РКЗ (б).

Из-за отсутствия приспособлений для графической обработки обработка данных о ветре практически ведется по координатам H (или D), α , δ . Вертикальный угол при этом вычисляется по формуле

$$\delta = \arcsin \frac{H}{D}. \quad (1.1.9)$$

Общая погрешность в определении высоты радиозонда радиотеодолитным способом зависит от суммы погрешностей измерений радиозондом температуры и давления на высотах.

Возможные погрешности в определении высоты по барометрической формуле в радиотеодолитном способе и радиолокационным способом показаны на рис. 1.1.5.

Результаты вычисления горизонтального удаления радиозонда по формуле

$$L = H \operatorname{ctg} \delta \quad (1.1.10)$$

содержат существенную погрешность, связанную с особенностями устройства и работы радиопеленгационных установок метрового диапазона волн. Антенны таких установок имеют сравнительно широкую диаграмму направленности (16—20°). Только

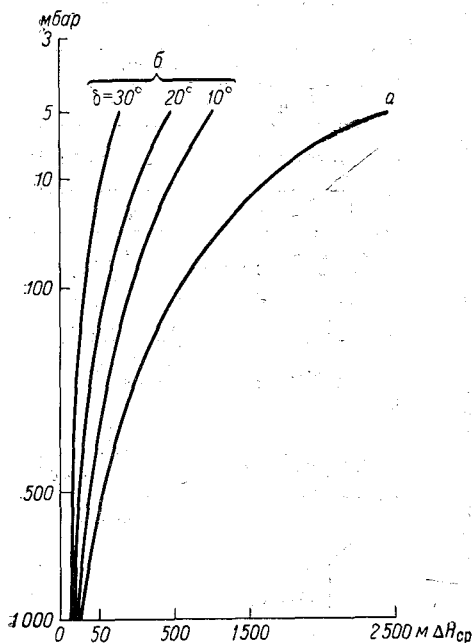


Рис. 1.1.5. Предельные значения погрешностей в определении высоты радиозонда радиотеодолитным (а) и радиолокационным (б) способом при вертикальных углах антенны $\delta = 10, 20, 30^\circ$.

в рабочем диапазоне вертикальных углов от 16 до 75° погрешность измерения углов может достигать 1,2—1,6°. В диапазоне нерабочих углов, особенно меньше 16°, погрешность измерения угловых координат резко возрастает. Следовательно, погрешность вычисления горизонтальной дальности также значительно возрастает и превышает погрешность, имеющую место в радиолокационном способе.

В самом деле, если погрешность определения скорости ветра радиолокационным способом пропорциональна высоте зондирования (уравнение (1.1.4)) и ее значение невелико, то погрешность определения скорости ветра радиотеодолитным способом пропорциональна горизонтальной дальности:

$$\sigma_{\text{PT}} \approx k_1 L - k_2, \quad (1.1.11)$$

где k_1 и k_2 — поправочные коэффициенты; $k_2 = 0,9 \div 1,3$, $k_1 = 2 k_2$.

На больших удалениях радиозонда коэффициентом k_2 можно пренебречь. Тогда отношение погрешностей $\frac{\sigma_{\text{PT}}}{\sigma_{\text{PL}}}$ будет зависеть только от значения вертикального угла:

$$\frac{\sigma_{\text{PT}}}{\sigma_{\text{PL}}} \approx 2 \frac{L}{H} = 2 \operatorname{cosec} \delta, \quad (1.1.12)$$

т. е. с уменьшением вертикального угла до нуля $\frac{\sigma_{\text{рт}}}{\sigma_{\text{рл}}}$ будет стремиться к бесконечности¹. Поэтому в радиотеодолитных наблюдениях существует минимальный рабочий вертикальный угол, по достижении которого обработка ветровых данных прекращается.

Низкая точность измерения ветра при малых вертикальных углах стала препятствием для дальнейшего роста высоты зондирования и потребовала разработки более эффективного способа.

Комбинированный способ. На смену радиотеодолитному был предложен способ вторичной радиолокации, или комбинированный способ. Он сочетает в себе дальность радиотеодолитных наблюдений и точность измерения координат радиолокационным способом.

Измерительную систему в метровом диапазоне волн образуют РМС «Малахит» и радиозонд А-22-IV (VII) с передатчиком-ответчиком типа А-35. В дециметровом диапазоне действуют две системы: РМС «Метеорит» — радиозонд РКЗ-2 и РМС «Метеорит-2» — радиозонд РКЗ-5.

Во время сопровождения радиозонда малые вертикальные углы наблюдаются в основном при больших скоростях ветра. В этих случаях погрешность измерения скорости ветра будет пропорциональна величине погрешности определения его направления. Поэтому основным фактором, определяющим точность измерения ветра при малых вертикальных углах, является точность измерения азимута.

Барометрическая высота вычисляется по сигналам давления и температуры, поступающим от радиозонда (система D, H, α). На вертикальных углах больше минимального рабочего наблюдения производится в системе D, α, δ .

Горизонтальное удаление радиозонда в системе D, α, δ вычисляют по формуле (1.1.3), в системе D, H, α — по формуле

$$L = D \cos \left(\arcsin \frac{H}{D} \right) = \sqrt{D^2 - H^2}. \quad (1.1.13)$$

Этот метод обработки применяют в случаях, если не выполняются требования, обеспечивающие допустимую погрешность измерения вертикального угла (например, несоответствие подстилающей поверхности площадки заданным условиям и др.).

Практически для системы «Малахит» — А-22 (ПО) максимальная дальность измерения ветра и приема радиотелеметрической информации не менее 100 км. При этом точность измерения азимута не хуже $0,6^\circ$, а средняя квадратическая

¹ Формула (1.1.12) справедлива для углов $\delta \leq 45^\circ$.

погрешность измерения скорости ветра не более 5,0 м/с. Так как относительная погрешность измерения скорости ветра определяет погрешность в его направлении, то наблюдения в системе D , H , α обеспечивают достаточно высокую точность измерения скорости и направления ветра.

В паузах между ответами передатчик-ответчик, как и пеленгуемый радиоблок, передает метеорологическую информацию.

В отличие от РМС метрового диапазона волн, антенны РМС дециметрового диапазона имеют узкую диаграмму направленности ($6-4^\circ$). Подстилающая поверхность площадки практически мало влияет на точность измерения угловых координат даже при больших удалениях РЗ (РП), т. е. при малых вертикальных углах. Вследствие этого наблюдение за РЗ (РП) во всем диапазоне вертикальных углов проводят в системе D , α , δ . Максимальные дальности измерения ветра и приема информации по радиотелеметрическому каналу системами «Метеорит-2» — РКЗ-2 и «Метеорит-2» — РКЗ-5, имеющими передатчик-ответчик в составе радиозонда, соответственно равны 150 и 250 км при точности измерения угловых координат не хуже $0,12^\circ$.

Недостатком комбинированного способа является наличие вокруг РМС, как и в радиолокационном способе, мертвой зоны. Поэтому передатчик РМС включают через 2—4 мин после выпуска РЗ (ПО), когда он выйдет за пределы этой зоны. Данные о ветре в приземном слое в это время могут быть получены радиотеодолитным способом. Размер мертвой зоны РМС «Метеорит-2» позволяет получать данные для приземного слоя.

1.1.3. Влияние диаграммы направленности и подстилающей поверхности на точность измерения ветра

Точность измерения координат РЗ (РП) радиолокационной метеорологической станцией зависит от многих технических, тактических и эксплуатационных факторов, в том числе от конструктивного выполнения измерительных узлов, ширины диаграммы направленности антенны, метода измерения и индикации координат цели, состояния и характера подстилающей поверхности площадки, технического состояния станции и др.

Влияние конструктивных и технических факторов РМС на точность измерения будет рассмотрено в главе 1.4.

Влияние ширины диаграммы направленности на точность измерения угловых координат. Для РМС метрового и дециметрового диапазонов волн конструкция антенн имеет свои особенности, даже если в станциях заложен один и тот же метод измерения. В силу этих особенностей диаграммы направле-

ности антенн РМС «Малахит» и «Метеорит» («Метеорит-2») различны. Так, точность измерения угловых координат более высокая в системе «Метеорит-2» — РКЗ-5 (А-28), и это прежде всего связано с узкой диаграммой направленности и высокой чувствительностью приемной системы РМС «Метеорит-2».

Под *чувствительностью приемной системы* подразумевают то минимальное значение ЭДС (или мощности) принятого сигнала на входе приемника, которое после усиления и преобразования обеспечит нормальную работу оконечного устройства, подключенного к его выходу. Такими устройствами являются индикаторы угловых координат и наклонной дальности, регистрирующие системы. Высокая чувствительность приемной системы характеризует ее способность обеспечить паспортную точность измерения координат цели на удалениях, соответствующих максимальному радиусу действия РМС.

Пеленговой чувствительностью называется величина относительного изменения уровня сигналов в крайних положениях диаграммы направленности РМС при отклонении геометрической оси антенны на 1° в ту или иную сторону от положения точного пеленга. У антенн дециметрового и сантиметрового диапазонов, имеющих более узкую диаграмму направленности, пеленговая чувствительность выше, чем у антенн метрового диапазона. Из рис. 1.1.6 видно, что при отклонении цели от геометрической оси антенны метрового диапазона волн в пределах угла 9° мощность принятого сигнала изменится всего на 10%. Если антенна имеет узкую диаграмму направленности (антенны дециметрового диапазона), то изменение мощности на 10% получается при отклонении геометрической оси антенны от направления на цель в пределах 2° . Ясно, что во втором случае вследствие более высокой пеленговой чувствительности антенны вертикальный угол или азимут можно измерить значительно точнее. Кроме точности измерения углов, ширина диаграммы направленности определяет минимальный вертикальный рабочий угол ($\delta_{\min}$)

$$\delta_{\min} \approx \frac{\theta}{2} + \theta_k, \quad (1.1.14)$$

где θ — ширина диаграммы направленности антенны, θ_k — угол качания диаграммы при измерении угловых координат методом равносигнальной зоны (у РМС «Малахит» $\theta_k = 7^\circ$, у «Метеорит-2» $\theta_k = 2,1^\circ$).

Для передвижных РМС «Малахит» и «Метеор», антенны которых подняты на высоту около 4,5 м, минимальный вертикальный рабочий угол, начиная с которого приходится считаться с влиянием подстилающей поверхности площадки, составляет соответственно 16 и 6° . Эти значения $\delta_{\min}$ могут быть

уменьшены примерно на 13—15% за счет увеличения высоты установки антенны до 10—12 м над поверхностью земли. Поэтому у стационарных РМС минимальный вертикальный рабочий угол при всех прочих равных условиях всегда меньше, чем у передвижных РМС: у «Метеорита» он равен $5,2^\circ$, у «Метеорита-2» — $3,5^\circ$. При этом его значения непостоянны и меняются в некоторых пределах в зависимости от состояния и характера подстилающей поверхности площадки.

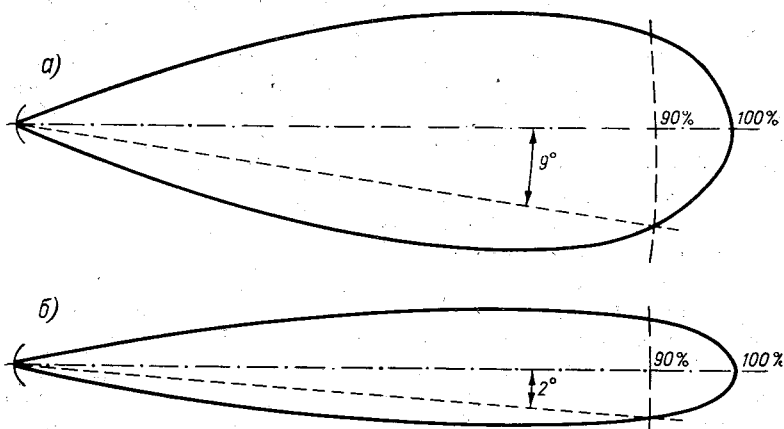


Рис. 1.1.6. Влияние ширины диаграммы направленности антенны на точность измерения угловых координат.

а — РМС «Малахит» ($\theta = 18^\circ$); б — РМС «Метеорит-2» ($\theta = 4^\circ$).

Влияние методов измерения и индикации координат на точность измерений. Процесс непрерывного и точного определения координат радиозонда (радиопилота), совершающего свободный полет, называется сопровождением. Сопровождение может производиться только по направлению, т. е. по угловым координатам (радиотеодолитный способ), или по направлению и дальности (радиолокационный и комбинированный способы).

Сопровождение по направлению и дальности состоит в том, что через определенные промежутки времени измеряются координаты РЗ (РП) с заданной точностью. Сопровождение РЗ (РП) может быть ручным или автоматическим. При этом индикацию координат производят как по экрану электронно-лучевой трубки, так и с помощью соответствующих шкал сельсинных устройств.

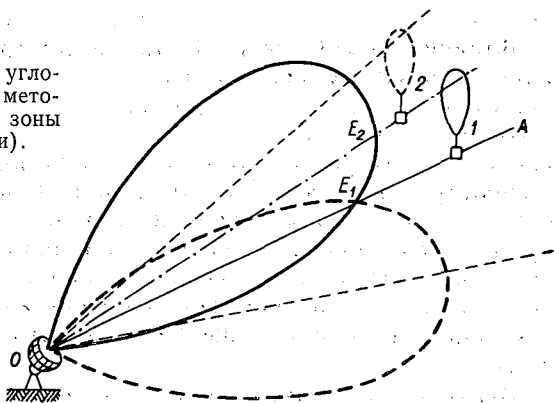
Сопровождение по дальности состоит в непрерывном совмещении специального визира с импульсом от РЗ (РП) на индикаторе дальности. При ручном сопровождении по дальности оператор, вращая штурвал механизма дальности, непрерывно

перемещает развертку с импульсом от РЗ (РП), совмещая передний фронт импульса с неподвижным визиром индикатора. Автоматическое сопровождение РЗ (РП) по дальности осуществляется специальной системой дальности в РМС.

Сопровождение по угловым координатам заключается в том, что антенна РМС непрерывно направляется на РЗ (РП) и по ее положению определяют азимут и угол места. Оно может быть как автоматическим, так и ручным.

Существует несколько методов измерения угловых координат: по максимуму сигнала, по минимуму сигнала, геометрический метод, метод равносигнальной зоны и др. Каждый из

Рис. 1.1.7. Определение угловых координат РЗ (РП) методом равносигнальной зоны (в вертикальной плоскости).



них имеет положительные и отрицательные стороны. Наиболее точным является метод равносигнальной зоны. Сущность метода заключается в следующем (рис. 1.1.7). Электрическая ось диаграммы направленности OA совпадает с геометрической осью антенной системы. За счет непрерывного вращения диаграммы направленности (сканирования) при определении, например, угла места создается равносигнальная зона по углу места. Если цель отклонилась от оси OA вверх на какой-то угол (положение 2), то видно, что в верхнем положении лепестка вектор напряженности поля будет равен E_2 , а в нижнем положении — E_1 . Разность векторов $E_1 - E_2$, называемая сигналом ошибки, воздействует на специальную систему, которая обеспечивает поворот антенны до тех пор, пока не наступит равенство векторов ($E_1 - E_2 = 0$). Аналогично сказанному осуществляется пеленг по азимуту.

Чем уже диаграмма направленности, тем точнее будут определены угловые координаты. Равносигнальная зона будет уже у антенных систем с более острыми диаграммами направленности. Поэтому точность определения угловых координат

РМС «Метеорит» («Метеорит-2») значительно выше, чем РМС «Малахит».

Преимуществами метода равносигнальной зоны являются:

- высокая точность измерения угловых координат;
- возможность определения величины и направления смещения РЗ (РП) относительно геометрической оси антенной системы по характеру изменения амплитуды импульсов; эта особенность облегчает задачу автоматического сопровождения РЗ (РП).

Недостатком этого метода является некоторое уменьшение дальности действия РМС (порядка 20%), вследствие того что величина сигнала определяется уровнем пересечения диаграмм направленности, не совпадающим с максимумом диаграммы.

Влияние поверхности земли на диаграмму направленности и точность измерения. Как известно из основ радиолокации, распространяющуюся со скоростью света радиоволну в любой точке пространства характеризуют: ее длина, величина напряженности электрического и магнитного полей E , H , направление распространения S . При этом направление распространения волн и направления полей всегда взаимно перпендикулярны. Кроме того, волны различают по направлению поляризации: круговая (вектор E вращается по окружности), линейная горизонтальная и линейная вертикальная. Направление поляризации определяется положением вибратора относительно горизонта.

Вертикально поляризованная волна не наводит ЭДС в горизонтальном вибраторе (и наоборот), так как направление электрического поля не будет совпадать с плоскостью вибратора, а магнитное поле не пересекает его. Взаимодействуют между собой только параллельно расположенные вибраторы, причем это взаимодействие будет максимальным тогда, когда вибраторы перпендикулярны линии, соединяющей их центры. Так как антенны радиозондов имеют вертикальную поляризацию, вибраторы радиолокационных метеорологических станций установлены также вертикально.

Радиоволны, как и световые, распространяются прямолинейно только в однородной среде. При изменении температуры, давления и влажности воздуха изменяется его диэлектрическая проницаемость. Соответственно будет изменяться и направление распространения радиоволн (явление рефракции).

Земля и находящиеся на ней местные предметы (вторичные отражатели) по своим электрическим свойствам резко отличаются от воздуха. Проводящие свойства подстилающей поверхности различны и зависят от состава и состояния почвы, наличия и характера местных предметов, угла падения волны и ее длины, поляризации волны. Вследствие этого радиоволны ча-

стично поглощаются землей, частично отражаются. Чем больше проводимость почвы, тем меньше потери в земле — ее свойства в этом случае близки к свойствам металлического экрана. Чем круче падает волна, т. е. чем меньше угол падения, тем большая часть энергии проникает в землю и поглощается ею, тем меньшая ее часть отражается.

Для длинных волн земля является проводником, для коротких — диэлектриком; иначе говоря, с уменьшением длины волны потери энергии за счет поглощения почвой возрастают.

Вертикально поляризованная волна больше поглощается землей, чем поляризованная горизонтально. Однако в отличие от последней, при отражении от земли плоскость ее поляризации и фаза не изменяются. Это свойство использовано в радиолокационных системах наблюдения за РЗ (РП).

Местные предметы, находящиеся в районе размещения РМС, служат вторичными излучателями рассеянного (изотропного) действия.

Диаграмма направленности антенны может быть сформирована элементами собственно антенны только в том случае, если она расположена высоко над землей. С приближением антенны к земле подстилающая поверхность становится одним из элементов формирования диаграммы. На антенну будут воздействовать как прямая волна, излученная РЗ (или отраженная УО), так и отраженная от земли и других вторичных отражателей. Пути этих волн различны, следовательно, в точке приема произойдет сложение сдвинутых по фазе волн (явление интерференции). При вертикальной поляризации величина сдвига обусловлена только разностями хода волн. Если разность фаз равна или близка к 180° , то напряженность поля будет близка к нулю; при незначительной разности фаз или при их совпадении напряженность будет близка к удвоенной.

Непрерывно изменяющийся угол падения волны РЗ (РП) при его сопровождении, различные по амплитуде и фазе, но одинаковые по длине отраженные радиоволны создают многолепестковый характер диаграммы направленности и отклоняют электрическую ось основного лепестка на некоторый угол от геометрической оси антенны. Оси антенны рассогласовываются и в результате измерения угловых координат, особенно угла места, будет внесена погрешность. Эта погрешность зависит от электрических свойств почвы, поэтому существенно изменяется от сезона к сезону. Она зависит также от метеорологических факторов, может изменяться даже в течение одного наблюдения из-за выпадения осадков, их состава и интенсивности.

Экспериментально (методом снятия характеристик излучения) установлена зависимость погрешности измерения от факторов, влияющих на диаграмму направленности: высоты

установки антенны над землей, горизонтальности и размеров площадки, где установлена РМС, размеров и взаимного расположения вторичных излучателей, близких по частоте радиоизлучения, и др.

Так, если двумя РМС, антенны которых находятся на разных уровнях, измерить координаты одного РЗ (РП), то окажется, что его высота, рассчитанная на основании данных измерения по уравнению (1.1.2), окажется различной для каждой РМС. Это произойдет потому, что площадь касания диаграммами одной и той же площадки будет различной для антенн с разными уровнями установки. Следовательно, влияние площадки для каждой антенны будет различным. В случае установки РМС на возвышенности диаграмма «прижмется» к земле, образуя некоторую разность углов между геометрической осью антенны (показанием датчика вертикального угла) и электрической осью диаграммы, проходящей через точку, где находится РЗ (РП). И наоборот, при установке РМС ниже окружающих предметов (среди возвышенностей, в ложине и т. д.) электрическая ось диаграммы отклонится на некоторый угол вверх относительно геометрической оси, образуя погрешность в измерении вертикального угла, но уже обратного знака (рис. 1.1.8).

Правильно выбранная площадка для установки РМС гарантирует измерение угловых координат с заданной точностью. При этом погрешность измерения углов будет носить систематический характер и может быть учтена в виде поправки во время обработки результатов измерений.

Выбор площадки для установки РМС. Прежде чем установить РМС, необходимо оценить намеченный район и выбранную площадку с точки зрения условий формирования диаграммы направленности и распространения радиоволн (рельеф, растительный покров, наличие отражателей и др.).

Радиус района, в котором будет формироваться диаграмма направленности, вычисляется по формуле

$$R = 23,3 \frac{h^2}{\lambda}, \quad (1.1.15)$$

где h — высота антенны над поверхностью земли.

После оценки района в его центре определяют границы площадки, на которой будет установлена РМС. Поверхность площадки должна быть ровной. Подъем от центра к краям не должен превышать $1/40$. Допускается наличие некоторых неровностей, однако их линейные размеры не должны превышать

$$h_n < \frac{\lambda}{16 \sin \alpha}, \quad (1.1.16)$$

где α — угол падения волны.

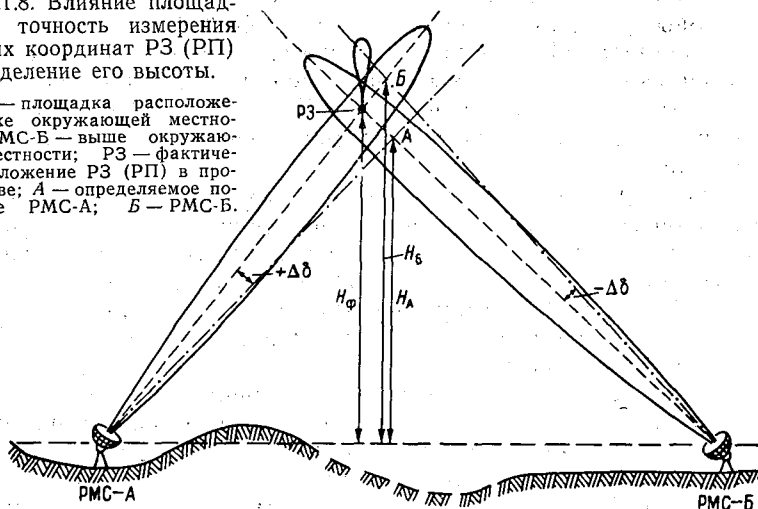
Для обеспечения паспортной точности измерений вертикального угла радиус ровной площадки должен быть не менее

$$r = D_{\text{макс}} \frac{h}{H+h}, \quad (1.1.17)$$

где H — высота радиозонда при максимальном удалении, равном 150 км (практически берут $H=25$ км).

Рис. 1.1.8. Влияние площадки на точность измерения угловых координат РЗ (РП) и определение его высоты.

РМС-А — площадка расположена ниже окружающей местности, РМС-Б — выше окружающей местности; РЗ — фактическое положение РЗ (РП) в пространстве; А — определяемое положение РМС-А; Б — РМС-Б.



Количество вторичных излучателей вокруг места установки РМС (если отсутствует возможность выбрать площадку без них) должно быть максимально ограниченным, особенно в направлениях господствующих ветров. Расстояние, на котором они могут находиться вокруг РМС, определяется минимальным углом закрытости горизонта, измеряемым от границы площадки. Для «Малахита» этот угол равен 16° , для «Метеора» («Метеорита») 6° , для «Метеорита-2» 4° . С увеличением высоты установки антенны угол закрытости горизонта соответственно уменьшается.

Необходимо отметить, что влияние площадки на формирование диаграммы существенно только для волн метрового диапазона и только отчасти для дециметрового, так как оно связано с площадью касания диаграммой поверхности земли (уравнение (1.1.15)). Чем уже диаграмма, тем с меньшей площадью подстилающей поверхности произойдет касание, тем меньше будет ее искажение и соответственно погрешность измерения угловых координат.

Определение минимального рабочего вертикального угла и метрологических характеристик РМС. Практически значения минимального рабочего вертикального угла и составляющих систематической ошибки (постоянной и переменной) определяют путем сравнительных и контрольных наблюдений. Одновременно выявляют наличие рассогласования осей антенны и коллимационных ошибок. Указанные наблюдения являются средством проверки точностных характеристик РМС.

В первых наблюдениях сопровождение РЗ (РП) и измерение угловых координат ведут с помощью РМС и аэрологического теодолита АТК или ШТ. При этом основной координатой считается азимут. Во вторых наблюдениях основной координатой является вертикальный угол. Его измерение производят с помощью РМС и оптического визира, вмонтированного в корпус антенны.

Задачей сравнительных и контрольных наблюдений является определение истинных погрешностей измерения угловых координат с учетом влияния подстилающей поверхности и технического состояния РМС, а также сведение погрешностей к паспортным нормам. Поэтому периодическая проверка метрологических характеристик обслуживающим персоналом РМС является обязательной.

На величину переменных составляющих систематической погрешности угла места и значения минимального рабочего вертикального угла в основном влияют состав почвы на площадке, наличие и характер вторичных отражателей.

На величину систематической погрешности азимута, кроме характеристики площадки, оказывают влияние: рассогласование осей антенны, неточное определение азимута контрольного ориентира (миры) или неточная установка шкал азимута при ориентировании РМС по миру. Особенно опасно рассогласование электрической и геометрической осей, приводящее к возникновению коллимационной погрешности в измерении азимута.

Погрешности коллимационного характера являются следствием определенных технических неисправностей антенны, приводящих к нарушениям геометрических соотношений между ее отдельными частями. Они будут иметь место, если нарушена:

- параллельность геометрической (у антенны) и оптической (у визира) осей;
- перпендикулярность геометрической оси антенны относительно ее оси вращения по вертикальному углу;
- горизонтальность в установке РМС (подвижный вариант) или антенны (стационарный вариант);
- перпендикулярность оси вращения антенны по вертикальному углу к оси вращения по азимуту.

Нарушение перпендикулярности осей встречается весьма редко, так как она обеспечивается самой конструкцией антенны при сборке; возможные нарушения относятся к заводскому браку.

Сравнительные наблюдения должны быть обязательно проведены в начале лета и в начале зимы, а также при установке РМС, смене позиции и после ремонта сельсинной передачи и антенно-фидерной системы станции. Контрольные наблюдения проводятся не менее четырех раз в год в промежутках между сравнительными наблюдениями. По данным наблюдений составляют графики погрешностей измерения углов РМС.

При анализе графиков в первую очередь определяют минимальный вертикальный рабочий угол, затем постоянную и случайные составляющие систематической погрешности. По их характеру делают выводы о качестве согласования осей антенны и выставлении шкал, а также о правильности ориентирования РМС. По характеру отклонения кривой от оси абсцисс судят о наличии коллимационных погрешностей. Выбросы в измерениях вертикального угла на некоторых азимутах свидетельствуют о влиянии вторичных излучателей. По разбросу точек измерений относительно кривой судят о деформации диаграммы направленности антенны РМС.

Работники аэрологических станций обязаны знать особенности района расположения РМС и факторы, влияющие на ее метрологические характеристики. Если систематические погрешности измерения угловых координат превышают допуски, указанные в технической документации РМС, проводят необходимые ремонтные и регулировочные работы.

Глава 1.2.

РАДИОТЕЛЕМЕТРИЧЕСКИЕ ИЗМЕРЕНИЯ
В АТМОСФЕРЕ

1.2.1. Методы и средства радиотелеметрических измерений

Особенности измерений. Параметры таких элементов атмосферы, как температура, давление, влажность, содержание озона и др., изменяются по горизонтали и во времени обычно гораздо меньше, чем по высоте. Поэтому результаты зондирования относят к одному моменту — началу подъема радиозонда и к одной вертикали, проведенной из пункта зондирования.

Процесс измерений в свободной атмосфере более сложен и труден, чем у земной поверхности. Это связано с тем, что аэрологические измерения производятся движущимся радиозондом, координаты которого непрерывно меняются по высоте и направлению. При этом время пребывания прибора в каждой точке пространства незначительно, а измеряемые параметры изменяются в широком диапазоне. Это предъявляет особые требования к чувствительным элементам радиозонда и к конструкции радиозонда в целом.

Чтобы измерения могли выявить особенности изменения температуры и влажности с высотой, в движущемся радиозонде должен быть обеспечен непрерывный и свободный обдув всех чувствительных элементов. Это возможно только за счет вертикального движения прибора, так как по горизонтали он перемещается со скоростью воздушного потока. При вертикальном подъеме радиозонд сравнительно быстро переходит от одного слоя атмосферы к другому, поэтому изменения давления, температуры и влажности происходят непрерывно. Чтобы показания чувствительных элементов были максимально приближены к фактическим значениям параметров на данной высоте, эти элементы должны иметь минимальную инерцию, что обеспечивается применением специальных малоинерционных материалов.

При медленном подъеме, особенно на больших высотах, показания чувствительных элементов будут искажаться вследствие влияния солнечной радиации. Чтобы уменьшить радиационную погрешность, они должны иметь достаточно надежную защиту от перегрева солнцем. Это достигается применением зачерненных шахт, малогабаритных измерителей температуры и специальных антирадиационных покрытий.

Очень большие скорости подъема радиозонда приводят к резкому завышению температуры слоя и занижению относительной влажности. Чтобы уменьшить возможную погрешность измерений, скорость подъема радиозонда выбирают оптимальной и постоянной для всего времени подъема. Это достигается

путем выбора оболочек определенного размера, норм наполнения водородом и строгого выдерживания массы радиозонда.

Радиозонд как прибор разового действия изготавливается максимально дешевым. Наряду с этим он имеет широкий диапазон измерения нескольких метеозлементов (температуры, давления, влажности, озона, радиации и др.), сравнительно точно измеряет параметры заданных элементов по всему диапазону измерений, надежно работает в течение всего полета, имеет малые габариты и особенно вес, обладает высокой стабильностью несущей частоты и помехозащищенностью, выдерживает большие динамические нагрузки и т. д.

В связи с особенностями проведения наблюдений в атмосфере точность измерений радиозондом ниже точности измерений стационарными метеорологическими приборами.

Радиозонды при подъеме регистрируют относительные изменения метеорологических параметров. Для получения достоверных значений в общепринятых единицах (температура — в градусах Цельсия, давление — в миллибарах, относительная влажность — в процентах) результаты измерений необходимо обработать. Для этого каждый радиозонд имеет заводской поверочный сертификат (свидетельство), содержащий данные о чувствительности прибора по измеряемым параметрам во всем диапазоне измерений каждого метеозлемента. Сертификат, как правило, имеет вид графика (рис. 1.2.1, вкладка).

Для обработки получаемой от радиозонда информации, кроме сертификата, необходимо иметь исходные данные по измеряемым элементам. Их получают во время выдержки радиозонда, до выпуска в полет, в одинаковых условиях с абсолютными (контрольными) приборами (термометром, барометром и психрометром), установленными стационарно. Показания датчиков радиозонда сравнивают с показаниями соответствующих абсолютных приборов и определяют разницу в показаниях — погрешность измерений. В процессе обработки полученной информации (начиная с момента выпуска) в показания радиозонда вносят необходимые поправки.

Некоторые основные понятия о погрешностях измерений. Абсолютно точных измерений не существует. Результат измерения всегда будет отличаться от истинного значения на некоторую величину, называемую погрешностью измерения. Это связано как с несовершенством технических средств измерения (в частности, систем РМС—РЗ, РМС—РП), так и с самой сущностью процесса измерения.

Погрешность радиозонда как измерительного прибора в основном зависит от чувствительности его датчиков. Чем меньше заданная при конструировании прибора погрешность измерений,

тем большей чувствительностью и меньшей инерцией должны обладать его датчики.

Чувствительность и инерция измерительного элемента зависят от материала элемента и конструктивного выполнения датчика в целом. Иначе говоря, техническое решение принципа действия датчика, прибора или измерительной системы в целом определяет метрологический фактор — точность измерений. Коэффициенты инерции материалов, используемых для измерения температуры и влажности, указаны в табл. 1.2.1 и 1.2.2.

Таблица 1.2.1

Коэффициент инерции датчиков температуры
в секундах (скорость подъема радиозонда 5 м/с)

Материал	Высота измерения, км	
	0	15
Биметалл (инвар) толщиной 0,25 мм и длиной 15 мм	7	22
Керамическое сопротивление диаметром 2 мм и длиной 30 мм	5	17
Никелевая проволока диаметром 0,1 мм	0,02	0,06

Таблица 1.2.2

Коэффициент инерции датчиков влажности
в секундах

Материал	Температура среды, °С					
	20	10	0	—10	—20	—30
Волос	30	40	55	175	400	800
Волос вальцованный	10	10	12	15	20	30
Животная пленка (золотобитная) толщиной 0,003 см	6	10	20	50	100	200

На аэрологической сети Гидрометслужбы СССР для оперативных наблюдений используются радиозонды двух типов: А-22 и РКЗ. По принципу действия и конструктивному выполнению они значительно отличаются друг от друга. Соответственно различается и точность измерения метеоэлементов, даже при использовании одинаковых датчиков (например, влажность измеряется одним и тем же датчиком).

У радиозондов типа А-22 усилия, возникающие в датчиках (см. рис. 2.1.2—2.1.4) под воздействием изменяющихся ус-

ловий окружающей среды, передаются механической системой рычагов на стрелку — перемещают ее по кодирующей плате на определенное расстояние. Для этих радиозондов чувствительность будет определяться угловым или линейным перемещением контактной стрелки, вызванным изменением измеряемой величины на единицу (например, мм/1 мбар, мм/1°C, мм/1%).

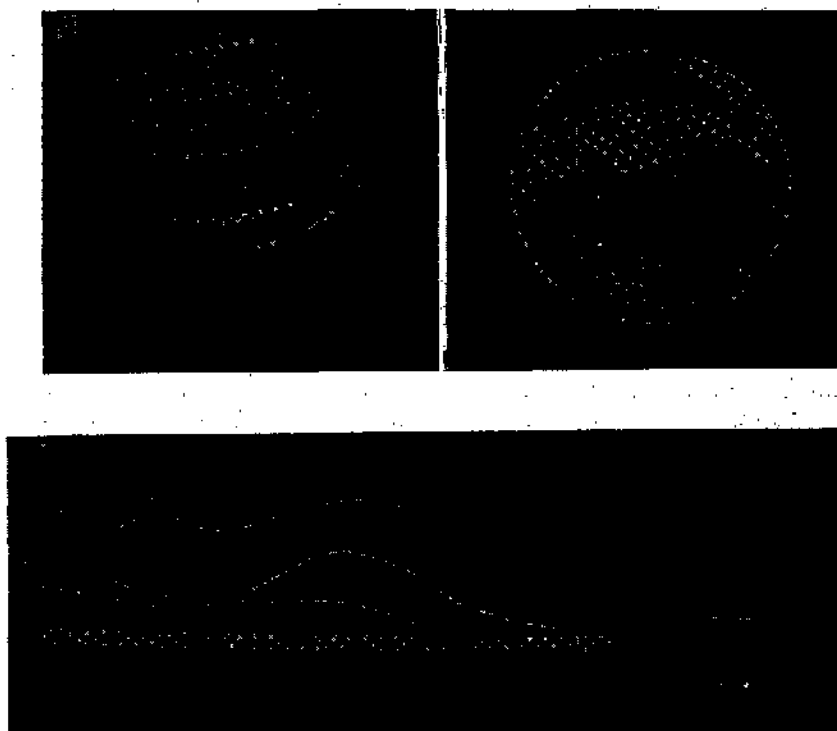


Рис. 1.2.2. Датчики влажности (а) и температуры (б) радиозондов типа РКЗ.

У радиозондов типа РКЗ вследствие изменения условий окружающей среды изменяется омическое сопротивление датчиков (рис. 1.2.2). Соответственно изменяется число импульсов, вырабатываемых специальным измерительным генератором.

Для этих радиозондов чувствительностью будет отношение изменения частоты импульсов на выходе измерительного генератора к вызывающему его изменению измеряемой величины на единицу (например, $\Delta F_i/1^\circ\text{C}$, $\Delta F_u/1\%$).

Кроме чисто инструментальных ошибок измерения, заложенных в измерительный прибор при его конструировании, и ошибок, связанных с методом измерений, в результаты измерений при обработке информации оператором вносятся ошибки, зависящие от его психологических особенностей и трудовых навыков. Некоторая погрешность связана также с инструментами, которые используются при окончательной обработке данных.

В зависимости от причин, их вызывающих, погрешности подразделяют на *субъективные*, зависящие от самого наблюдателя, от совершенства его органов чувств, его опыта, внимательности, и *объективные*, обусловленные свойствами мер, приборов, измерительных установок и методов измерения, а также влиянием внешних факторов.

В зависимости от возможности и методов учета погрешностей их подразделяют на систематические, случайные и промахи.

Систематической погрешностью измерительного прибора называется составляющая погрешности этого прибора, остающаяся при повторных измерениях постоянной или закономерно изменяющаяся.

К систематическим погрешностям радиозонда относятся инерционные ошибки датчиков температуры, давления и влажности, а также радиационные ошибки, возникающие за счет перегрева датчика температуры солнцем. Эти погрешности определяют путем сравнения показаний серийных или вновь разрабатываемых приборов, систематическая погрешность которых подлежит определению, и эталонных радиозондов (ПТТ, РКЗ-3) во время совместных подъемов. По результатам сравнения находят поправку к показаниям испытываемого прибора. Систематическая погрешность может быть значительно уменьшена или даже устранена при обработке результатов измерений введением в них поправки, взятой с обратным знаком.

Случайная погрешность измерительного прибора — изменяющаяся случайным образом — проявляется в том, что при многократных измерениях одной и той же величины в практически одинаковых условиях результаты измерений получаются разные. Случайные погрешности вызываются целым рядом причин, закономерности появления которых могут быть неизвестны или известны частично. Так, случайные погрешности радиозонда возникают за счет неувловимых ошибок операторов при проверке радиозонда на заводе и во время его подготовки к полету, в результате транспортировки и т. п.

Случайные различия измеренных значений, определяемые при сравнительных подъемах на одной оболочке двух радиозондов одинакового типа, не повторяются в следующей серии подъемов.

Случайную погрешность нельзя исключить из результата данного измерения.

Промахом называют относительно большую погрешность, допущенную в процессе измерения в результате невнимательности оператора (неверная запись, ошибочный отсчет и т. д.).

Подразделение погрешностей на систематические и случайные обусловлено не различием причин, вызывающих эти погрешности, а тем, что первые можно более или менее точно выявить и учесть, а вторые не могут быть определены и их можно только примерно оценить. При измерении могут иметь место и те и другие погрешности.

Систематическая и случайная погрешности измерений свойственны каждому измерительному прибору и вместе составляют его *основную* погрешность, которая зависит от типа радиозонда и условий, в которых он используется, если напряжение источника питания соответствует номинальному. Однако в процессе разрядки источника питания его напряжение меняется, и это вносит в результаты измерений *дополнительную* погрешность, даже если климатические условия, в которых находится радиозонд, не изменились и соответственно не изменилась основная погрешность.

Так как общая погрешность измерений складывается из основной и дополнительной ($\sigma_0 + \sigma_d$), то изменение напряжения источника питания в ту или иную сторону от номинала повлечет за собой снижение точности измерений радиозондом в целом.

Дополнительная погрешность, возникающая при изменении напряжения источника питания до 10% номинального значения, не должна быть больше половины основной погрешности.

Пределы¹ допускаемых погрешностей (основной и дополнительной) установлены в виде абсолютных и относительных характеристик.

Абсолютной погрешностью Δx называется разность между показанием прибора x_n и истинным значением измеряемой величины x :

$$\Delta x = x_n - x = \pm a. \quad (1.2.1)$$

Истинное значение x определяется как среднее арифметическое результатов большого числа измерений, тщательно выполненных в неизменных условиях. Однако в атмосфере невозможно провести большое число измерений в неизменных условиях. Поэтому абсолютную погрешность измерений вычисляют

¹ Пределом допускаемой погрешности называют наибольшую (без учета знака) погрешность данного прибора, при которой он может быть признан годным и допущен к применению.

на основании лабораторных исследований, а также с помощью статистических методов.

Относительной погрешностью δ называется отношение абсолютной погрешности к истинному значению измеряемой величины:

$$\delta = \pm \frac{\Delta x}{x} = \pm c. \quad (1.2.2)$$

Так, если абсолютная ошибка при измерении давления равна ± 1 мбар, то относительная ошибка составит $\pm 0,001$ при давлении 1000 мбар и $\pm 0,1$ при давлении 10 мбар.

Для использования данных аэрологических измерений в прогностических целях важна общая погрешность, которая включает в себя основную и дополнительную погрешности радиозонда и погрешность, связанную с обработкой материалов наблюдений.

Если обработка проведена тщательно и введена поправка на систематическую составляющую, то определение погрешности радиозонда сводится к нахождению случайной составляющей.

Иногда для удобства сравнения случайных погрешностей приборов, имеющих разный принцип действия, но измеряющих один и тот же элемент (например, для измерения температуры используют спиртовой или ртутный термометр, терморезистор, проволочное сопротивление, биметаллическую пластинку), в качестве основной характеристики прибора применяют среднюю квадратическую погрешность

$$\sigma = \sqrt{\frac{\Delta_1^2 + \Delta_2^2 + \dots + \Delta_n^2}{N - 1}}, \quad (1.2.3)$$

где Δ_n — погрешность отдельного измерения, N — число измерений данного ряда; величина σ всегда положительна.

Погрешность отдельного измерения определяется как разность между результатом отдельного измерения и средним арифметическим из всех результатов измерений.

Измерение давления. При метеорологических наблюдениях в зависимости от требуемой точности измерений в качестве измерителей давления применяют ртутные барометры, тепловые и ионизационные манометры, деформационные барометры, гипсотермометры.

В радиозондах датчиками давления служат anerоидные (мембранные) коробки, изготавливаемые из бериллиевого сплава, фосфористой бронзы или стали. Они имеют много преимуществ перед другими датчиками: малая масса, портативность, достаточно высокая точность измерений, их можно легко приспособить

бить для передачи измерений с помощью радиопередатчиков, они сравнительно дешевы.

Анероидные коробки имеют вид диска со сторонами, изготовленными из гофрированных мембран, наружные диаметры которых герметически соединены между собой. Воздух из коробок выкачан так, что его давление составляет всего несколько миллибар. Иногда для температурной компенсации коробки заполняют инертным газом (чаще всего азотом) до давления 40—50 мбар.

Принцип действия анероидной коробки основан на ее деформации под действием внешнего давления. При этом она сжимается (или расширяется) до тех пор, пока упругие силы мембраны и заключенного в коробке газа не уравновесят внешнее давление. Центр одной мембраны жестко крепится в станине РЗ, другая мембрана свободно прогибается в ту или иную сторону. Этот прогиб относительно исходного состояния барокоробки и служит мерой давления воздуха. Чтобы получить большую величину прогиба, применяют блоки из 2—4 мембранных коробок, соединенных центрами друг с другом.

Незначительные прогибы коробки с помощью системы рычагов и тяг увеличиваются в несколько десятков раз и передаются кодирующему устройству радиозонда.

Применение коробок с линейной характеристикой позволяет измерять с достаточной точностью разность давлений в 0,01 мм рт. ст. Это обеспечивается возникновением достаточно больших сил в гофрированных мембранах коробки: в случае использования двойной коробки диаметром 50 мм при изменении давления на 1 мбар развивается сила около 80 г.

Недостатком анероидных коробок являются погрешности измерений, возникающие под влиянием температуры и инерции. Изменение температуры при подъеме радиозонда приводит к изменению упругости газа, заключенного в барокоробке, и модуля упругости материала коробки. Влияние температуры можно уменьшить или устранить путем установления точки компенсации или применения биметаллических компенсаторов.

Поправка δ_p , которую необходимо вводить в показания анероидной коробки при изменении температуры внешней среды на $\Delta T^\circ\text{C}$, вычисляется по формуле

$$\delta_p = -\Delta T(a - bp), \quad (1.2.4)$$

где a — коэффициент, зависящий от количества газа внутри коробки; b — коэффициент, зависящий от упругих свойств мембран; p — давление воздуха.

Количество газа внутри анероидной коробки с течением времени меняется из-за поступления воздуха через микроскопические поры стенок и адсорбции. Соответственно изменяются

компенсационное давление внутри коробки и показания прибора. Поэтому правилами эксплуатации предусмотрено периодическое сравнение показаний металлических барометров с показаниями абсолютного прибора — ртутного барометра — с целью определения погрешности измерения. Каждый радиозонд перед выпуском также проверяется на давление.

На точность измерений давления существенное влияние оказывает инерция анероидной коробки, возникающая вследствие внешнего трения в передаточном механизме или вследствие молекулярного трения внутри металла мембран. Трение в осях и системах передач, наличие мертвого хода из-за люфтов и т. п. вызывают механическую инерцию. Она может быть исключена тщательной подгонкой частей прибора и их регулировкой. Молекулярное трение вызывает явление гистерезиса и упругого последействия. Явление гистерезиса заключается в несовпадении хода деформации коробки при воздействии на нее понижающегося, а затем повышающегося в тех же пределах давления. Вследствие наличия гистерезиса давление в одной и той же точке атмосферы будет измерено с некоторым расхождением при подъеме прибора и при его спуске.

Кроме гистерезиса, на деформацию коробки оказывает влияние упругое последействие: если барокоробку, находившуюся длительное время в покое, подвергнуть воздействию уменьшающегося давления, то при возвращении к начальному давлению величина деформации не сразу примет свое первоначальное значение. В отличие от гистерезиса, величина упругого последействия зависит только от времени; при последующих изменениях давления отставание деформации коробки при возвращении к начальному значению делается все меньше.

Гистерезис и упругое последействие уменьшают выбором соответствующего материала для изготовления барокоробок.

С целью уменьшения погрешности измерений поверку барокоробок производят при многократном изменении давления в сторону повышения. Этот процесс называют массированием барокоробок. В процессе массирования дополнительно определяют работоспособность барокоробки (наличие микротечи воздуха).

После массирования допустимыми пределами отклонения давления считаются 4—6 мбар в начале петли гистерезиса (994—996 мбар) и 1,0—1,5 мбар в середине петли (рис. 1.2.3).

Для снятия усталости барокоробки после транспортировки радиозонда и его хранения на аэрологической станции в период подготовки радиозонда к выпуску проводят массирование барокоробки в барокамере.

Измерение температуры. В зависимости от требуемой точности измерений и исследуемой среды используют следующие

термометры: жидкостные, биметаллические, термометры сопротивления, термоэлементы, термоконденсаторы, акустические термометры.

В радиозондах применяют биметаллические термометры и терморезисторы (полупроводниковые термометры сопротивления). Последние, обладая достаточной точностью и сравнительно малой инерцией, позволяют с помощью простых устройств преобразовывать измеренные параметры температуры в радиоимпульсы. Они легки, надежны в работе, прочны и обладают широким диапазоном измерений.

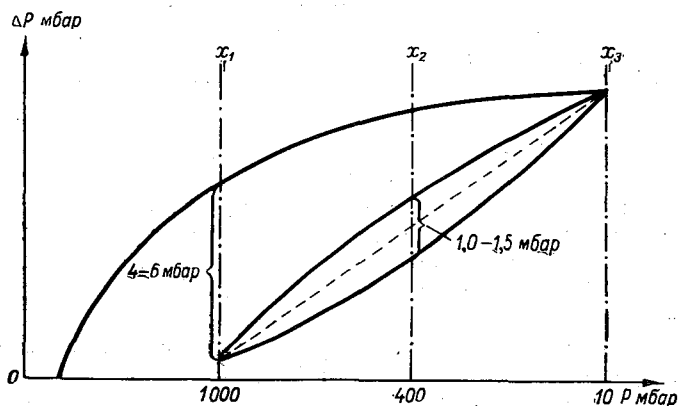


Рис. 1.2.3. График контроля качества барокоробок в заводских условиях.

В радиозонде А-22-IV (VII) чувствительным элементом температуры служит биметаллическая спираль, сваренная из двух тонких металлических полос, общая толщина которых 0,13 мм. Одна полоса изготовлена из инвара, другая — из маломagnetной стали. Пределы изменения коэффициента линейного расширения при изменяющейся температуре достаточно широки (от $1 \cdot 10^{-6}$ до $20 \cdot 10^{-6}$). Это позволяет измерять температуру в диапазоне от $+40$ до -75°C .

Концы биметаллической спирали, имеющие противоположное направление наливки, прикреплены к жесткой раме через термоизоляторы. При изменении температуры окружающей среды радиус кривизны спирали изменяется, в результате чего стрелка поворачивается, конец ее перемещается вдоль кодового барабана. Оба металла, имеющие близкие значения модулей упругости, создают значительное усилие, которое позволяет преодолевать трение стрелки о поверхность барабана (10—15 г) и трение в передаточной системе.

Чтобы измерить температуру, необходимо поместить термометр на некоторое время в данную среду, подразумевая, что ее температура за время измерения будет постоянной. Иначе говоря, чтобы принять температуру среды, термометр должен находиться в термодинамическом равновесии со средой. Понятно, что для радиозонда таких условий не существует, так как в процессе полета его пространственное положение и температура среды непрерывно изменяются. Следовательно, показания датчика температуры будут отражать температуру с какой-то погрешностью.

Погрешность измерения температуры Δt , возникающая при зондировании вследствие инерции, пропорциональна вертикальной скорости подъема радиозонда ω , вертикальному температурному градиенту γ и коэффициенту инерции термометра α :

$$\Delta t = t_{\pi} - t = \alpha \gamma \omega, \quad (1.2.5)$$

где t — температура воздуха, t_{π} — показания термометра.

Если температура в слое падает с высотой, то вертикальный температурный градиент положителен ($\gamma > 0$) и $t_{\pi} > t$, т. е. радиозонд будет показывать более высокую температуру, чем есть на самом деле. При подъеме в инверсиях радиозонд будет показывать более низкую температуру.

Инерцию термометра можно уменьшить, если использовать материал с малой удельной теплоемкостью или уменьшить массу термометра при увеличении его наружной поверхности, или усилить вентиляцию — увеличить теплообмен между термометром и воздухом.

Кроме инерции, на показания термометра воздействует прямая и рассеянная радиация, увеличивающая общую погрешность измерений. Погрешность, вносимая радиацией, зависит как от высоты солнца над горизонтом, так и от конструктивных особенностей термометра: его размеров, формы и цвета.

Показания термометра будут свободны от влияния солнечной радиации в том случае, когда поступление тепловой энергии на термометр и ее отдача будут сбалансированы, т. е. когда радиационный баланс Q будет равен нулю:

$$Q = (I_1 + I_2)(1 - \alpha) + R - E = 0, \quad (1.2.6)$$

где I_1 — прямая солнечная радиация; I_2 — рассеянная солнечная радиация; α — отражающая способность (альbedo) поверхности термометра; R — длинноволновое излучение земли, атмосферы, облаков, а также частей самого прибора (шахты, кожуха), поступающее на поверхность термометра; E — суммарная энергия, теряемая термометром вследствие собственного излучения.

Чтобы приблизить показания термометра к измеряемой (фактической) температуре, применяют антирадиационную защиту.

Так, например, датчик температуры радиозонда А-22-IV (VII) помещают в специальный металлический цилиндр, открытый с обоих концов. Цилиндр с датчиком устанавливают в картонную шахту. Размеры цилиндра и шахты выбраны так, что термометр не подвергается воздействию прямых солнечных лучей. Кроме этого, вследствие подъема радиозонда через шахту проходит поток воздуха, непрерывно обдувающий термометр.

Для ослабления влияния отраженной радиации внутренние стенки цилиндра и шахты окрашены в матово-черный цвет. Для лучшего отражения прямой радиации наружная поверхность цилиндра отполирована, а наружная поверхность шахты покрыта белой глянцевой бумагой, что значительно уменьшает нагревание воздуха в шахте. Несмотря на защиту, некоторая часть радиации все же оказывает влияние на точностные характеристики термометра.

Радиационные погрешности относятся к систематическим и подлежат исключению из результатов измерений. Для каждого типа датчиков температуры имеется таблица радиационных поправок.

Прежде чем биметаллический термометр будет установлен в радиозонд, на заводе производят его искусственное термостарение. Внутренние напряжения биметалла снимаются путем многократного нагревания и охлаждения. При этом температурный цикл превышает пределы измерений датчика и равен $+45 \div -85^\circ\text{C}$.

Проверка узла температуры производится погружением датчиков в жидкостные термованны с температурой, изменяющейся в пределах от $+38 \pm 5$ до $-85 \pm 2^\circ\text{C}$. При этом контрольные точки (не менее шести) распределены по всему диапазону измерений.

В радиозондах типа РКЗ чувствительным элементом температуры служит полупроводниковый термометр сопротивления — терморезистор ММТ-1. Он изготовлен из медно-марганцевого порошка, который после прессовки и термической обработки приобретает свойства сплава. Терморезистор имеет форму цилиндра длиной 12 мм и диаметром 1,6 мм.

Терморезистор обладает значительным температурным коэффициентом и позволяет измерять температуру в пределах от $+50$ до -90°C . В отличие от биметаллического термометра, с понижением температуры сопротивление ММТ-1 возрастает, изменяясь по экспоненциальному закону (рис. 1.2.4):

$$R = R_0 e^{b \left(\frac{1}{T} - \frac{1}{T_0} \right)}, \quad (1.2.7)$$

где R — удельное сопротивление при абсолютной температуре; R_0 — сопротивление при некоторой температуре, например при комнатной (20°C); b — постоянная, зависящая от материала терморезистора.

Температурный коэффициент удельного сопротивления терморезистора определяется из равенства

$$\beta = \frac{1}{R} \frac{dR}{dT} = - \frac{b}{T^2}. \quad (1.2.8)$$

Для терморезисторов типа ММТ β составляет $-0,02 \div -0,05$, т. е. гораздо меньше, чем для металлов.

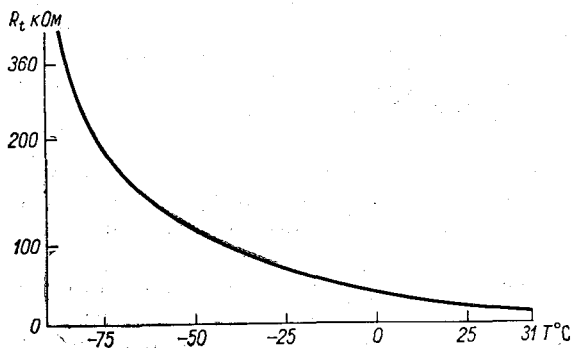


Рис. 1.2.4. Зависимость сопротивления терморезистора ММТ-1 от температуры окружающей среды.

К недостаткам терморезисторов можно отнести большой разброс номинальных сопротивлений, однако при проверке градуировочная кривая в основном учитывает особенности каждого ММТ-1.

Погрешность измерения температуры терморезистором ММТ-1 по сравнению с биметаллическими датчиками значительно меньше вследствие меньшей его инерционности. Кроме того, снижена и радиационная погрешность за счет уменьшения размеров чувствительного элемента и нанесения на него специального антирадиационного покрытия (эмали НЦ-25 или ВЛ-548). Так, слой эмали ВЛ-548 толщиной около 0,04 мм уменьшает радиационную поправку на 10—14% по сравнению с эмалью НЦ-25. Дополнительно, для уменьшения влияния отраженной от РЗ радиации, ММТ-1 выносится в сторону от радиозонда на полистироловой штанге (см. рис. 1.2.2 б).

В настоящее время разрабатывается высокостабильный терморезистор типа С4-5 с коэффициентом тепловой инерции, в три раза меньшим, чем у ММТ-1. У него будет значительно снижена радиационная погрешность и повышена стабильность показаний. Соответственно повышается точность измерения температуры.

Градуировка терморезистора на заводе производится в газовой среде при изменении температуры от $+50$ до -75°C . Если измеренные во всем этом диапазоне каждым градуируемым терморезистором значения температуры ложатся на графики с разбросом точек не более $0,25^{\circ}\text{C}$, они считаются годными. Результаты измерений наносят на градуировочные графики (сертификаты).

Измерение влажности. Датчик влажности должен обладать широким диапазоном измерений, так как изменения влажности при переходе от нижних к более высоким слоям атмосферы довольно велики. На больших высотах (при низких температурах) содержание водяного пара ничтожно, следовательно, датчик должен обладать высокой чувствительностью. При подъеме радиозонда, т. е. при быстром изменении влажности, инерция датчика не должна сильно искажать его показания, особенно в условиях низких температур.

Используемый в датчиках влажности адсорбционный метод основан на свойстве гигроскопических тел изменять свои размеры и электропроводность в зависимости от степени насыщения окружающего воздуха водяным паром. Для измерения влажности этим методом используют деформационные датчики (обезжиренный простой или вальцованный человеческий волос, животную пленку) или электролитические датчики, изготовленные из гигроскопической пленки.

В радиозондах типа А-22 и РКЗ применяют датчики влажности, изготовленные из органической животной пленки. В виде мембраны кусочки пленки толщиной $10-20$ мкм, размером 70×70 мм закрепляют клеем на дюралевом кольце с жестким центром.

Готовые датчики массируют путем пятикратного увлажнения пленки дистиллированной водой и последующей сушки при комнатной температуре. Нагрузка на центральную часть датчика при относительной влажности, меняющейся от 5 до 100%, находится в пределах $10-15$ г.

Упругая деформация пленки зависит от количества поглощаемой и отдаваемой влаги. При полном насыщении пленка увеличивает свой вес на 40—50% по сравнению с весом при нулевой относительной влажности.

Коэффициент инерции пленочного гигрометра зависит от температуры, относительной влажности и давления воздуха. С повышением температуры коэффициент инерции повышается по экспоненциальному закону. Уменьшение давления уменьшает коэффициент инерции.

Тончайший налет воды на пленке резко изменяет показания влажности. Поэтому датчик влажности должен быть надежно защищен от дождя.

Величина погрешности измерения влажности воздуха приближенно определяется по уравнению

$$\Delta u = u_{\pi} - u = \alpha \frac{du}{d\tau}, \quad (1.2.9)$$

где u — влажность воздуха, u_{π} — показания гигрометра, α — коэффициент инерции, $\frac{du}{d\tau}$ — изменение влажности во времени.

Поверку датчиков влажности производят в гигростатах не менее чем на пяти уровнях, распределенных в диапазоне относительной влажности 15—100%. Пленочные гигрометры устойчиво работают при температурах не ниже $-60 \div -70^{\circ}\text{C}$.

1.2.2. Требования к точности измерения основных параметров атмосферы

Требования ВМО к точности комплексных температурно-ветровых измерений приведены в табл. 1.2.3. Необходимая точность обычно обеспечивается при конструировании систем радиозондирования. Сохранение точности измерения во многом зависит от правильной эксплуатации этих систем на аэрологических станциях.

Таблица 1.2.3

Перспективные требования ВМО к точности аэрологических наблюдений

Измеряемый элемент свободной атмосферы	Точность измерения параметра
Телеметрические измерения	
Температура на всех уровнях	$\pm 0,5^{\circ}\text{C}$
Давление на всех уровнях	
до 20 км	1 мбар
более 20 км	0,5—0,2 мбар
Относительная влажность на всех уровнях	
в тропосфере	5%
в стратосфере	10%
Сферические измерения	
Высота изобарической поверхности	
до 1500 м	0,3 дм
от 1,5 до 20 км	0,2%
более 20 км	0,1%
Высота особых уровней	$\pm 1\%$
Скорость ветра на всех уровнях	
до 10 м/с	± 1 м/с
более 10 м/с	$\pm 10\%$
Направление ветра на всех уровнях	
для скорости менее 25 м/с	$\pm 5^{\circ}$
для скорости более 25 м/с	$\pm 10^{\circ}$

Погрешности измерения сферических координат. Рассмотренные в разделе 1.1.2 способы измерения ветра имеют разную точность. При этом погрешность определения высоты радиолокационным способом или горизонтального удаления радиотеодолитным способом определяется точностью измерения вертикального угла. При малых вертикальных углах точность измерения ветра любым способом в большей степени зависит от точности измерения азимута.

Наибольшую погрешность измерения ветра в стратосфере дает радиотеодолитный способ. Это объясняется малой точностью определения горизонтального удаления (1.1.11). Погрешность измерения его радиотеодолитным способом ΔL_{PT} равна

$$\Delta L_{PT} = \sqrt{\Delta H^2 \operatorname{ctg}^2 \delta + H^2 \operatorname{cosec}^4 \delta \Delta \delta^2}. \quad (1.2.10)$$

Значение ΔL_{PT} , а также и погрешность измерения скорости ветра, как видно из формулы, зависят от точности измерения угла места и резко увеличиваются при малых вертикальных углах.

Погрешность измерения ветра можно уменьшить, применяя антенны с узкой диаграммой направленности.

Радиоветровые наблюдения с РП (РЗ), оборудованными передатчиками-ответчиками, более точны, чем радиотеодолитные, т. е. наклонная дальность определяется с высокой точностью во всем диапазоне вертикальных углов в радиусе действия РМС. В радиолокационном способе малая погрешность измерения наклонной дальности (формула (1.1.3)) дает небольшую ошибку в вычислении горизонтального удаления РП (РЗ):

$$\Delta L_{RP} = \sqrt{\Delta D^2 \cos^2 \delta + D^2 \sin^2 \delta \Delta \delta^2} \approx \sqrt{\Delta D^2 + H^2 \Delta \delta^2}. \quad (1.2.11)$$

Однако, как и в радиотеодолитном способе, величина ΔL_{RP} по-прежнему зависит от значения вертикального угла. Очевидно, результаты измерения ветра при малых вертикальных углах можно сделать более точными, если использовать барометрическую высоту, полученную в результате обработки сигналов радиозонда, наклонную дальность и азимут, измеренные РМС, т. е. без учета значений вертикального угла.

Точность измерения наклонной дальности радиолокационным способом значительно превосходит точность определения высоты барометрическим способом. Так как высота в этом способе определяется по формуле (1.1.2), то погрешность ее измерения равна

$$\Delta H_{RP} = \Delta D \sin \delta + D \cos \delta \Delta \delta. \quad (1.2.12)$$

Точность измерения вертикального угла и в этом способе остается важным фактором.

Систематическая погрешность измерений, особенно у РМС метровых волн, непостоянна, она зависит от значений угловых координат и в первую очередь от значений вертикального угла.

Численные значения систематической (или срединной) погрешности выявляют путем проведения контрольных и сравнительных наблюдений. Сведения о точности измерения скорости ветра различными системами приведены в табл. 1.2.4.

Таблица 1.2.4

Средняя квадратическая погрешность измерения скорости ветра различными системами радиозондирования атмосферы

Система радиозондирования	Высота зондирования, км								
	10			20			30		
	Скорость ветра, м/с								
	<10	10—20	>20	<10	10—20	>20	<10	10—20	>20
«Малахит» — А-22	0,75	2,2	3,6	1,5	4,4	7,2	2,2	6,6	10,8
«Малахит» с дальномерной приставкой — А-22	0,5	1,5	2,0	0,8	2,0	2,5	1,0	2,5	3,6
«Метеор» («Метеорит») — РКЗ	0,3	0,5	0,9	0,4	0,7	1,1	0,6	0,9	1,3

Погрешности радиотелетрических измерений. Более трудной задачей является определение погрешностей измерения давления, температуры, влажности, уровня радиации и т. д. Для этого нужны эталонные приборы с более высокой точностью измерений. Существующие в настоящее время РКЗ-3 и ПТТ (прецизионный телеизмеритель температуры) являются аэротермометрами с малыми инерционными и радиационными погрешностями измерения.

Так, например, в РКЗ-3 в качестве датчика температуры применен трехкомпонентный бусиновый терморезистор СТЗ-25 с радиационной и инерционной погрешностью, меньшей, чем у РКЗ-2, в несколько раз. Это достигнуто тем, что по своему объему СТЗ-25 меньше терморезистора ММТ-1 в 3000 раз и покрыт эмалью с высокими отражающими свойствами. Кроме этого, в радиозонде применена схема повышенной стабилизации частоты и уменьшена дискретность измерения температуры с 25—30 до 6—10 с. Применение двух дополнительных высокостабильных опорных сопротивлений (20 и 200 кОм) позволило осуществлять самотарирование прибора по температуре в полете.

Конструктивные изменения в схеме РКЗ-3 повысили точность измерения температуры, по сравнению с радиозондом РКЗ-1, примерно в пять раз.

Радиозонд с эталонными датчиками давления и влажности до настоящего времени не создан, так что точность измерения давления и влажности можно оценить только при исследовании датчиков в лабораторных (по данным многократных проверок) и полетных (методом спаренных выпусков радиозондов) условиях.

Глава 1.3.

НАДЕЖНОСТЬ СРЕДСТВ
РАДИОЗОНДИРОВАНИЯ

1.3.1. Основные термины и определения

Надежность — свойства радиоэлектронной аппаратуры (РЭА), выполнять на требуемом уровне возложенные на нее функции в определенных условиях и в течение заданного времени, установленные в техническом задании или технических условиях.

Безотказность — свойство аппаратуры сохранять на требуемом уровне работоспособность в пределах установленных допусков в течение некоторой наработки без вынужденных перебоев. Иначе говоря, это способность аппаратуры не иметь отказов в течение требуемого времени при эксплуатации ее в заданных условиях.

Работоспособность — состояние аппаратуры, при котором она способна выполнять возложенные на нее функции с параметрами, установленными требованиями технической документации.

Так как радиолокационные метеорологические станции и приборы, необходимые для настройки РМС и РЗ, используются длительное время, многократно включаются и выключаются, то возможные нарушения работоспособности устраняют методом *ремонта* — восстановления утраченного свойства безотказности. Поэтому надежность аппаратуры наряду с безотказностью обычно характеризуется и *ремонтпригодностью* (восстановляемостью), которая определяется приспособленностью аппаратуры к предупреждению, обнаружению и устранению отказов и неисправностей в процессе технического обслуживания, ремонта и эксплуатации.

Надежность аппаратуры наряду с безотказностью и ремонтпригодностью определяется также *долговечностью* — сохранением работоспособности в течение длительного срока эксплуатации, т. е. до тех пор, пока дальнейшая эксплуатация станет невозможной или будет сопровождаться недопустимым снижением эффективности, или же не будет обеспечиваться безопасность применения аппаратуры. Долговечность свидетельствует о способности изделия длительно сохранять работоспособность с перерывами для необходимых ремонтов.

Показателями долговечности являются технический ресурс и срок службы аппаратуры.

Ресурс — суммарная наработка, в течение которой сохраняется работоспособность аппаратуры (поддерживаемая восстановительно-профилактическими мероприятиями) до предельного состояния, когда дальнейшая эксплуатация становится невозможной или нецелесообразной.

В технической документации могут быть применены такие понятия, как «назначенный ресурс» (наработка, при достижении которой эксплуатация прекращается независимо от состояния аппаратуры) или «ресурс до ремонта» (наработка, при достижении которой эксплуатация аппаратуры не допускается без производства ремонта).

Срок службы — время, определяемое календарной продолжительностью эксплуатации аппаратуры до среднего (капитального) ремонта или до списания.

Гарантированный срок службы — некоторая часть общего срока службы, в течение которой завод-изготовитель производит замену изделия или безвозмездное устранение неисправностей.

Сохраняемость — свойство аппаратуры сохранять установленные в технической документации эксплуатационные показатели в условиях хранения и транспортировки.

Неисправность — состояние аппаратуры, при котором она в данный момент времени не удовлетворяет хотя бы одному из требований технической документации как в отношении рабочих (основных) параметров, так и в отношении второстепенных параметров.

Под *отказом* понимают событие, связанное с потерей аппаратурой способности выполнять заданные функции на требуемом уровне или с уходом хотя бы одного из рабочих (основных) параметров за пределы установленных допусков, оговариваемых в технической документации. Иначе говоря, отказ — это полная или частичная потеря работоспособности изделия (элемента, блока, механизма, прибора, устройства, станции). При этом безразлично, внезапно или постепенно произошел этот отказ.

Первичные параметры — все параметры элементов конструкции (РЭА), которые в какой-либо мере влияют на выходные параметры аппаратуры.

Выходные параметры — конечные оптимальные значения технических характеристик, определяющих меру функций, для выполнения которых предназначена аппаратура.

Исправное состояние аппаратуры — состояние, при котором ее технические характеристики удовлетворяют всем требованиям, установленным как для рабочих (основных) параметров, так и для второстепенных.

1.3.2. Физическая сущность надежности

Радиолокационные метеорологические станции, радиозонды, измерительные приборы и другие средства зондирования, как

и другая радиоэлектронная аппаратура, собираются из отдельных элементов.

Элементом называют неделимую часть конструкции, представляющую геометрически законченную форму и выполненную из одного материала, или механически неразделимую композицию материалов (термопары, изделия с металлическими или изоляционными покрытиями), предназначенную для выполнения заданных функций. Элементы подразделяются на электрические (радиодетали) и механические.

К электрическим элементам относятся электронные и ионные приборы, полупроводниковые диоды и триоды, резисторы, конденсаторы, катушки индуктивности, ламповые панели, штепсельные разъемы, сельсины, потенциометры, переключатели, сердечники, реле, трансформаторы и другие изделия, выполняющие ограниченные функции в электрической схеме и имеющие самостоятельное обозначение.

К механическим элементам относятся шасси, панели, кожухи, ручки управления, шкалы, подшипники, шестерни, оси, установочные, крепежные и декоративные детали.

Элементы собирают в *блоки*, которые выполняют вполне определенные функции (например, блок питания, блок дальности, блок управления антенной, блок развертки и др.).

Группу блоков объединяют в *прибор* или *устройство*, конструктивно образующее самостоятельное изделие (передающее устройство, приемное устройство, антенный коммутатор и др.).

Несколько приборов (устройств) составляют *станцию* или *систему*, выходные параметры которой позволяют самостоятельно решать предусмотренные технической документацией задачи (метеорологический радиолокатор, автоматическая радиометеорологическая станция, система радиозондирования атмосферы и т. д.).

Надежность станции (системы) зависит в первую очередь от качества и количества примененных элементов, строгого соблюдения технологического процесса сборки и монтажа, культуры производства и правильно организованной службы эксплуатации. Указанные факторы влияют на рабочие (основные) характеристики радиоэлектронной аппаратуры, например на точность измерения радиозондом метеопараметров или измерения сферических координат радиозонда (радиопилота) радиолокационной метеорологической станцией.

Однако для обеспечения желаемой надежности еще недостаточно иметь высокие рабочие характеристики аппаратуры, позволяющие производить требуемые измерения с большой точностью. Обязательным требованием при разработке и создании аппаратуры является сохранность заданных рабочих характеристик в течение всего срока эксплуатации. Таким образом, по-

нятие физического смысла надежности сводится к способности аппаратуры сохранять свои эксплуатационные характеристики во времени.

Качество и надежность — понятия взаимосвязанные. Они дают ясное представление об аппаратуре только в комплексе: высокая надежность еще не определяет качества станции (системы) и наоборот. Так, например, РМС «Малахит» надежна в работе, однако точность и дальность сопровождения радиозонда невысоки и измерение скорости и направления ветра производится с меньшей точностью, чем в системе «Метеорит» — РКЗ. В то же время отказ недорогой радиолампы 6Х2П (Л5 или Л6 в блоке МТ-72 станции «Метеорит») приводит к выходу из строя антенны и прекращению зондирования атмосферы высокоточной и дорогостоящей системой «Метеорит» — РКЗ.

Если качество разрабатываемой аппаратуры можно оговорить основными техническими характеристиками и предусмотреть методы проверки соответствующими измерительными приборами (ваттметры, частотомеры, осциллографы и др.), то оценить ее надежность значительно сложнее. Она зависит от большого числа факторов и не может быть измерена какими-либо приборами. Измерение мгновенных значений электрических параметров еще не дает возможности рассчитать надежность аппаратуры.

Основным параметром, характеризующим надежность, является время, в течение которого сохраняются характеристики прибора (станции) в процессе эксплуатации. Поэтому испытания на надежность неизбежно становятся длительными, более сложными и трудоемкими и часто связаны с полным разрушением испытываемого образца.

Требования к надежности тесно связаны с тактико-техническими требованиями к аппаратуре. Аппаратуру подразделяют:

а) по способу применения — на аппаратуру однократного и многократного действия (применения);

б) по способу обслуживания — на восстанавливаемую и невосстанавливаемую.

Радиолокационные метеорологические станции всех типов, комплекты измерительных приборов к ним и приборы для проверки радиозондов относятся к восстанавливаемой аппаратуре многократного действия. Отказы и неисправности этой аппаратуры устраняют путем ремонта или замены. При этом сама аппаратура состоит преимущественно из неремонтируемых элементов (резисторы, конденсаторы, радиолампы др.). Неремонтируемыми могут быть также функциональные узлы, собранные на микромодулях, гибридных или твердых схемах (например, отдельные узлы в устройстве автоматической перфорации дан-

ных радиозондирования). Такие узлы при отказах изымают из схемы и заменяют работоспособными.

Радиозонды всех типов и передатчики-ответчики относятся к невозстанавливаемой аппаратуре однократного действия.

1.3.3. Характеристика отказов и неисправностей

Отказы приборов и станций различают постепенные в внезапные, зависимые и независимые, перемежающиеся, полные и частичные.

Постепенные отказы возникают вследствие развития процессов старения и износа, приводящих к сравнительно равномерному изменению параметров элементов. Отказ наступает при достижении некоторого критического значения определенного параметра (например, отказ лампы из-за потери эмиссии). Такие отказы носят закономерный характер. Их можно предвидеть и, следовательно, заранее принять меры к предотвращению (замена элемента до его полного отказа).

Внезапные отказы возникают из-за наличия скрытых производственных дефектов. Известную роль при этом играют процессы старения и износа, происходящие скрытно, т. е. до какого-то момента контролируемые параметры не изменяются и их изменение приборами определить невозможно. Внезапные отказы проявляются в виде обрыва, короткого замыкания или резкого изменения параметров и носят случайный характер, так что предвидеть их трудно. Часть из них может быть обнаружена при тщательном профилактическом осмотре (видимое нарушение пайки, подгорание краски на резисторе, обгорание контактов реле, специфический запах перегревшегося элемента и др.).

Независимый отказ. Его появление не зависит от того, исправны или неисправны другие элементы аппаратуры.

Зависимые отказы всегда возникают в результате отказа другого какого-то элемента или нарушения схемы (сгорание предохранителя вследствие короткого замыкания в цепи, выход из строя лампы ждущего мультивибратора вследствие прекращения поступления запускающих импульсов от предыдущего каскада и др.).

Перемежающиеся отказы чаще всего возникают из-за плохих контактов. Могут исчезать так же внезапно, как и появляться, что значительно затрудняет отыскание причин неисправности.

Под *полным отказом* понимают событие, после которого невозможно использовать аппаратуру по назначению до тех пор, пока не будет устранена причина отказа. *Частичный отказ*

обычно связан с ухудшением какой-либо одной из характеристик (одного параметра) аппаратуры. При этом некоторое время, до устранения причин неисправности, эта аппаратура может эксплуатироваться.

Установлено, что большинство отказов радиолокационных метеорологических станций, радиозондов и вспомогательных приборов носит независимый и устойчивый характер. Это связано с конструктивной особенностью аппаратуры: в средствах радиозондирования применено последовательное соединение элементов, т. е. в схеме нет запасных элементов, узлов и блоков, подключенных к рабочим параллельно. Поэтому отказ хотя бы одного элемента в станции или в радиозонде, как правило, приводит к выходу из строя всей системы.

Различают три этапа эксплуатации радиоэлектронной аппаратуры: начальный, нормальная работа, старение и износ.

Начальный этап. Вследствие выхода из строя элементов, имеющих скрытые производственные дефекты, происходит много отказов; кроме этого, выявляются ошибки, допущенные при сборке и монтаже (плохие пайки, нарушения контактов в панелях и разъемах и др.) Начальный этап эксплуатации (или этап приработки) обычно осуществляется на заводе-изготовителе и заключается в «прогоне» аппаратуры, а также тренировке элементов до поступления на сборку и монтаж.

Нормальная работа — процесс приработки закончен, а старение и износ элементов еще не проявляются. Это наиболее продолжительный этап эксплуатации. Дефекты сборки и монтажа в основном выявились, ненадежные элементы заменены. Отказы происходят сравнительно редко и носят случайный характер. На этапе нормальной работы, когда интенсивность отказов постоянна, вероятность безотказной работы аппаратуры $P(t)$ имеет экспоненциальный характер:

$$P(t) = e^{-\lambda_c t}, \quad (1.3.1)$$

где λ_c — интенсивность отказов.

Графики зависимости частоты отказов аппаратуры и интенсивности отказов приемно-усилительных ламп от времени показаны на рис. 1.3.1 и 1.3.2.

Задачей обслуживающего персонала на этом этапе эксплуатации является максимальное продление периода нормальной работы и сведение к минимуму количества отказов. Это достигается регулярным проведением на месте эксплуатации профилактических осмотров и текущих ремонтов.

Этап старения и износа. Процессы старения и износа элементов даже при бережной эксплуатации и тщательном уходе приводят к частому возникновению неисправностей и отказов аппаратуры. Возникает необходимость в среднем или ка-

питальном ремонте, который может быть выполнен силами специалистов ремонтно-восстановительных партий, специальных мастерских или на заводе.

Старение и износ — процессы постепенного необратимого изменения элементов. Предотвратить полностью эти процессы невозможно, можно только несколько уменьшить вызываемые ими последствия.

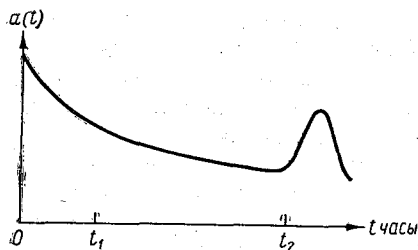


Рис. 1.3.1. Зависимость частоты отказов от времени.

$0-t_1$ — этап приработки, t_1-t_2 — этап нормальной работы, t_2-t_n — этап старения и износа.

Старение происходит непрерывно, независимо от того, работает или не работает аппаратура, износ — только во время работы аппаратуры, при динамическом взаимодействии всех ее

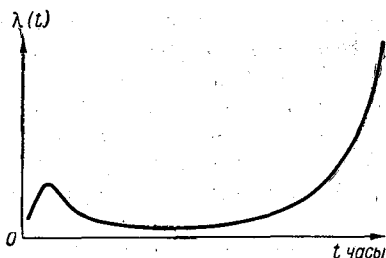


Рис. 1.3.2. Зависимость интенсивности отказов приемно-усилительных ламп от времени.

элементов (блоков, систем) и участия окружающей среды и внешних сил.

Под воздействием внутренних и внешних сил во время старения изменяются физико-химические свойства материалов, из которых изготовлены элементы аппаратуры. В конечном итоге детали могут коробиться, терять гладкую поверхность, трескаться, могут ухудшаться их электрические свойства, уменьшаться механическая прочность. Покрытия проводов и кабелей становятся хрупкими.

Старение керамических материалов проявляется в увеличении их диэлектрических потерь, уменьшении сопротивления изоляции и электрической прочности. Интенсивность старения сильно зависит от температуры, а при температурах более 100°C — от величины и формы напряжения.

У материалов, подвергающихся механической нагрузке, возникает усталость. Прочность и упругость материалов значительно снижаются. Пружины реле, переключателей, контактных зажимов с течением времени уменьшают давление на контакты. Снижается надежность соединения электрической цепи. Расслабляются винтовые и заклепочные соединения.

Резиновые и пружинные амортизаторы теряют упругие свойства и быстро разрушаются.

С течением времени увеличивается вязкость всех смазок, а под действием влаги, пыли и главным образом кислорода, изменяются их физические свойства. Несвоевременная замена смазки приводит к истиранию шестерен, подшипников, осей и других трущихся соединений.

Общие причины отказов можно сгруппировать следующим образом:

1) недостатки схемно-конструктивного характера, зависящие от разработчика аппаратуры;

2) производственные недостатки (ошибки сборки и монтажа, нарушения или недостатки технологического процесса, низкая культура производства и т. д.);

3) недостаточная надежность элементов;

4) недостатки в эксплуатации аппаратуры.

Уровень надежности станции в целом определяется соотношением между периодами исправного и неисправного состояния. Он зависит от наработки станции на один отказ или, иначе говоря, оценивается продолжительностью среднего времени между двумя соседними отказами:

$$t_{\text{ср}} = \frac{t_1 + t_2 + \dots + t_n}{n}, \quad (1.3.2)$$

где t_1 — время работы до первого отказа, t_2 — время работы между первым и вторым отказом, t_n — время работы между $n-1$ -м и n -м отказами, n — число отказов за время испытаний.

Если $t_{\text{ср}}$ определяется не по одному, а по нескольким однотипным образцам, то оно будет равно

$$t_{\text{ср}} = \frac{\sum_{i=1}^N t_{\text{ср } i}}{N}, \quad (1.3.3)$$

где N — число испытываемых образцов, $t_{\text{ср } i}$ — среднее время между соседними отказами i -того образца.

После ремонта аппаратуры многократного действия для нее устанавливается новый гарантийный срок, как правило, несколько меньше первоначального. Вероятность безотказной работы после ремонта не зависит от предыдущего времени эксплуатации. Если аппаратура после ремонта прошла приработку

и вновь находится на этапе нормальной работы, то при постоянной интенсивности отказов вероятность безотказной работы также будет иметь экспоненциальный характер (формула (1.3.1)).

Уровень надежности аппаратуры, находящейся постоянно в рабочем состоянии, лучше определять по значению среднего времени между соседними отказами (формула (1.3.2)): чем оно больше, тем надежнее аппаратура (станция).

Среднее время безотказной работы T_0 является абсолютным показателем надежности:

$$T_0 = \frac{1}{\lambda(t)}, \quad (1.3.4)$$

где $\lambda(t)$ — опасность отказов элементов.

Ориентировочные величины опасности отказов для различных элементов, полученные в лабораторных условиях, приведены в табл. 1.3.1.

Таблица 1.3.1

Опасность отказов (λ 1/ч) элементов радиолокационных метеорологических станций, радиозондов и контрольно-измерительной аппаратуры	
Электровакuumные приборы	
Приемно-усилительные	9.10 ⁻⁵
Генераторные	23.10 ⁻⁵
Газоразрядные	28.10 ⁻⁵
Электронно-лучевые трубки	23.10 ⁻⁵
Магнетроны	25.10 ⁻⁵
Клистроны	3.10 ⁻⁵
Полупроводниковые приборы	
Транзисторы	(0,7—4) · 10 ⁻⁵
Диоды	(0,03—4) · 10 ⁻⁵
Резисторы	
МЛТ	0,15 · 10 ⁻⁵
ВС	0,35 · 10 ⁻⁵
СП	0,69 · 10 ⁻⁵
Проволочные постоянные	1,25 · 10 ⁻⁵
Конденсаторы	
КБГ	0,16 · 10 ⁻⁵
КБМ	0,35 · 10 ⁻⁵
КСО	0,14 · 10 ⁻⁵
КЭГ	0,39 · 10 ⁻⁵
КТК	0,23 · 10 ⁻⁵
Прочие элементы	
Трансформаторы и дроссели	(0,4—0,6) · 10 ⁻⁵
Катушки индуктивности	(0,1—0,15) · 10 ⁻⁵
Реле	(1—2,7) · 10 ⁻⁵
Контактные разъемы	0,005 · 10 ⁻⁵
Сельсины	(3—7) · 10 ⁻⁵
Кварцы	(2—2,5) · 10 ⁻⁵

Из таблицы видно, что опасность отказов различных элементов отличается в сотни и тысячи раз. Резисторы более надежны в эксплуатации, чем реле. Однако РМС чаще выходят из строя из-за сгорания резисторов, чем из-за отказа реле. Это объясняется тем, что число резисторов в станции значительно превышает число реле, используемых в схеме.

Общим недостатком всех количественных характеристик надежности является их вероятностный характер. Это означает, что точно определить, в какой момент времени произойдет отказ аппаратуры или как долго она будет исправно работать, невозможно.

В результате эксплуатации каждого радиоэлектронного устройства выявляются его положительные и отрицательные качества. Систематизация таких данных при хорошо налаженном учете позволяет повысить надежность, улучшить конструкцию и технологию изготовления радиоэлектронной аппаратуры.

Так, в результате достаточно длительной эксплуатации на аэрологических станциях РМС установлено следующее:

1) наибольшее время (8—10 ч и более) затрачивается на отыскание и устранение неисправностей в механических и электромеханических узлах (системы регистрации и управления антенной);

2) наименее надежными в работе являются система передачи и регистрации данных, передающая система и система управления антенной;

3) наименее ремонтпригодными являются антенно-фидерная система, система передачи и регистрации данных, система измерения дальности, медленно вращающееся азимутальное соединение, счетчик единиц и десятков. Затрудненный доступ при отыскании дефектов и замена отказавших элементов требуют больших затрат времени;

Таблица 1.3.2

Средние показатели надежности РМС

Показатель	„Метеор“	„Метеорит“	„Метеорит-2“
Период приработки, часы	До тысячи часов		
Наработка на один отказ, часы	205,6	213,2	204,0
Время восстановления, часы	2,39	2,39	2,17
Коэффициент готовности	0,9885	0,9889	0,9894
Вероятность безотказной работы изделия в течение 6 ч	0,9712	0,9722	0,9710
Коэффициент эксплуатационной надежности	0,96	0,9614	0,9608

4) наименее надежными блоками оказались регистратор, антенная колонка, маломощный передатчик, стойка передатчика, счетчик единиц и десятков.

Средние показатели надежности РМС приведены в табл. 1.3.2.

1.3.4. Надежность элементов — основное условие безотказности и долговечности аппаратуры РМС

Установлено, что неисправности чаще возникают из-за отказа одного или нескольких элементов, входящих в схему. Следовательно, надежность аппаратуры зависит в первую очередь от безотказной работы всех ее элементов.

По количеству примененных в радиолокационных метеорологических станциях и радиозондах элементов первое место занимают резисторы и конденсаторы. В меньших количествах применены катушки индуктивности, дроссели, трансформаторы, электровакуумные и полупроводниковые приборы. Далее следуют реле, переключатели, предохранители, сельсины, электромоторы.

Элементы, входящие в монтажную схему, работают с различной нагрузкой. Режим, в котором используется тот или иной элемент, характеризует коэффициент нагрузки k_n . Он представляет собой отношение силы тока, напряжения или рассеиваемой мощности к предельно допустимому значению для элемента данного типа. Для резистора решающим в оценке работоспособности является рассеиваемая мощность, для конденсаторов — приложенное напряжение, для электровакуумных приборов (ламп) — чаще всего мощность, рассеиваемая на аноде. Коэффициенты нагрузки для этих элементов соответственно будут равны:

$$k_{nR} = \frac{P_R}{P_{R\text{доп}}}; \quad k_{nC} = \frac{u_C}{u_{C\text{доп}}}; \quad k_{nл} = \frac{P_a}{P_{a\text{доп}}}. \quad (1.3.5)$$

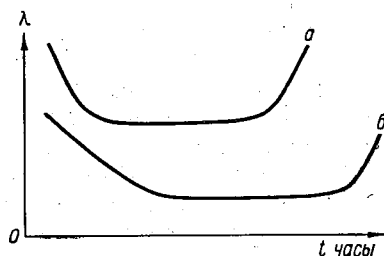
Режимы эксплуатации элементов могут быть предельными или разгруженными. Так, в схеме станции или радиозонда около 80% конденсаторов работают с коэффициентом нагрузки не выше 0,5, в том числе 30% конденсаторов имеют $k_{nC} = 0,05$.

Свыше 50% резисторов по мощности имеют $k_{nR} = 0,05$ и всего лишь одна десятая часть нагружена более чем на 50%. Электровакуумные приборы работают в более облегченных условиях и только 11% имеют нагрузку, близкую к предельно допустимой. Предельные электрические нагрузки в схеме имеют магнетроны, клистроны, модуляторные лампы, реле и др. Следовательно, опасность отказов элементов предопределена ре-

жимом эксплуатации элементов во времени. Это означает, что превышение оговоренных технической документацией предельно допустимых значений токов, напряжений, рассеиваемых мощностей, а также выход за пределы условий эксплуатации (значения влажности, температуры, давления, величина вибрации и др.) приведут к уменьшению надежности аппаратуры. Зависимость опасности отказов λ от времени и режима эксплуатации показана на рис. 1.3.3.

Рис. 1.3.3. Зависимость опасности отказов от времени и режима эксплуатации элементов.

а — предельный режим, *б* — разгруженный режим.



Гарантированная долговечность работы аппаратуры определяется в первую очередь конструкцией и технологией изготовления отдельных элементов, а также соблюдением расчетных режимов эксплуатации. Гарантийный срок эксплуатации каждого элемента предусматривают при разработке и указывают в технических условиях. Для резисторов и конденсаторов, наиболее часто встречающихся в схемах, гарантийный срок указан в табл. 1.3.3.

Таблица 1.3.3

Гарантийный срок службы (часы)
резисторов и конденсаторов

Резисторы

МЛТ	10 000
ВС, СП и проволочные	5 000
УЛИ	2 000

Бумажные конденсаторы

КБГ, БГТ, БМ	5 000
КБП	4 000
БГМ, БГС, БГМТ	1 000
КБТ, БМБ	500

Металлобумажные конденсаторы

МБГ, МБГУ, МБМ	2 000

Электролитические конденсаторы

ЭМ	1 200
КЭГ, ЭГЦ	1 000

Слюдяные конденсаторы

КСО, КСГИ, СГМ	5 000

Керамические конденсаторы

КТК, КДК, КГК, КВКГ, КВКБ	5 000
КТ, КП, КТП, КПК, КДМ, КТМ	3 000

От общего числа элементов количество электровакуумных приборов в РМС составляет около 15%, а в радиозондах — 12%, однако из-за сравнительно низкой надежности именно они часто являются причиной отказов аппаратуры. Основные причины отказов — это перегорание нити накала, ухудшение вакуума, постепенное снижение тока эмиссии, короткие замыкания электродов. У электронных трубок, кроме того, происходит прожигание экрана. По статистическим данным, общее число отказов из-за дефектов ламп достигает 30%.

Второе место по числу отказов занимают резисторы (13—23%). По отношению к общему числу элементов в аппаратуре количество резисторов составляет 45—50%. Основными причинами отказов являются нарушение контакта, обрыв или перегорание токопроводящего слоя, изменение величины номинального сопротивления. У проволочных резисторов часто происходит обрыв в местах присоединения выводов, у потенциометров нарушается плотность скользящего контакта. Низкоомные резисторы более надежны в работе, чем высокоомные.

Из общего числа элементов количество конденсаторов в схемах составляет 18—27%. Они отказывают значительно реже (6—8%), чем лампы и резисторы. Отказы происходят из-за пробоя диэлектрика, нарушения герметичности и т. д. У электролитических конденсаторов в процессе эксплуатации наблюдается уменьшение емкости и сопротивления изоляции.

Полупроводниковые приборы выходят из строя главным образом под влиянием высокой температуры и механических усилий. При температуре выше предусмотренной допусками уменьшаются усилительные параметры транзисторов. У германиевых триодов увеличение температуры на каждые 10°C вызывает удвоение обратного тока.

Причинами отказов реле являются обгорание контактов, ослабление контактных усилий, загрязнение контактирующих поверхностей, пробой изоляции, обрывы обмоток (чаще всего в местах выводов).

Трансформаторы и дроссели отказывают вследствие нарушения электрической прочности изоляции, появления обрывов или перегорания проводов обмотки.

Сельсины, моторы и другие электрические машины отказывают, как правило, из-за загрязнения колец, износа щеток, перегрева, обрыва или сгорания обмотки.

Переключатели, штепсельные разъемы, ламповые и расширочные панели и другие коммутационные и установочные детали отказывают в основном в результате нарушения контактов и механических поломок.

Кроме перечисленных причин отказов, связанных с выходом из строя тех или иных элементов, существуют отказы аппаратуры, являющиеся следствием ошибок и нарушений, допущенных при ее изготовлении. Из общего числа отказов, вызванных несовершенством производственного процесса, 75% отказов происходит вследствие недостаточной надежности комплектующих элементов, а 25% вызвано ошибками сборки, монтажа и регулировки.

1.3.5. Сохранение надежности средств радиозондирования в эксплуатационный период

В процессе эксплуатации РМС и контрольно-измерительной аппаратуры необходимо своевременно и тщательно выполнять профилактические осмотры, текущие, средние и капитальные ремонты. Кроме этого, как при транспортировке и хранении, так и при эксплуатации должен поддерживаться указанный в технической документации климатический режим.

Выполнение профилактических работ в предусмотренные сроки сохраняет надежность аппаратуры и продлевает сроки эксплуатации.

Электроизмерительные и радиоизмерительные приборы, необходимые для выполнения профилактических и ремонтных работ, через Бюро поверки УГМС регулярно подвергают поверке на соответствие Техническим условиям в лабораториях Госстандарта СССР. Приборы, неисправные или имеющие погрешность измерений больше допусков предусмотренных технической документацией, должны быть изъяты.

Сроки поверки измерительных приборов указаны в табл. 1.3.4. К профилактическим работам относятся:

- очистка блоков и приборов РМС и контрольно-измерительных приборов от пыли и грязи;

- выявление при внешнем осмотре ослабевших креплений, ненадежных контактов и элементов, имеющих внешние признаки неисправностей (измененный цвет резисторов, следы коррозии и др.); осмотру подвергают все блоки как сверху, так и со стороны монтажа;

- замена или восстановление смазки трущихся частей механических узлов и деталей;

- проверка сопротивлений, напряжений, импульсов на соответствие картам рабочих режимов;

Таблица 1.3.4

**Табельные измерительные приборы
аэрологической станции, подлежащие поверке
в процессе эксплуатации**

Измерительные приборы	Место поверки	Сроки поверки
Магазин сопротивления стенда питания СП-1М	Лаборатория Гос- стандарта СССР	Ежегодно
Контрольные сопротивления ПР-1 и ПД-1	То же	"
Ампервольтметр (авометр) АВО-5М	"	"
Вольтамперметр М-253	"	"
Мегомметр М-1101	"	"
Осциллограф С1-5	"	"
Осциллограф С1-20	"	"
Генератор стандартных сигналов Г4-18А	"	"
Частотомер резонансный (волномер) Ч2-8	"	"
Частотомер электронный Ч3-3А	"	"
Психрометр аспирационный	Бюро поверки УГМС	Аспирация по не- обходимости, термометры еже- годно
Психрометр стационарный	То же	Ежегодно
Термометр спиртовой	"	"
Барометр ртутный стационарный	"	Один раз в три года
Гигрометр волосной	"	По необходимости
Вольтметры 250 В стенда СП-1М М-4200	Аэрологическая станция	Ежегодно и по не- обходимости
Вольтметры 7,5 В стенда СП-1М М-4200	То же	То же
Миллиамперметр 30 мА стенда СП-1М и М-4200	"	"
Вольтметр 250 В стенда формовки СФ-1 и М-4202	"	"
Вольтметр 7,5 В стенда формовки СФ-1 и М-4202	"	"

Примечания: 1. Сроки поверок устанавливаются бюро поверки УГМС и должны строго соблюдаться. График поверки должен находиться на аэрологической станции. Контроль за выполнением графика возлагается на начальников отделов техники УГМС.

2. Поверка измерительных приборов «по необходимости» осуществляется в случае возникновения сомнений в правильности их показаний.

3. Стрелочные измерительные приборы стендов СП-1М и СФ-1 поверяются прибором класса точности 0,5 типа М-253 или ему подобным.

4. Поверка термометров производится по точке нуля.

- настройка, регулировка и проверка блоков станции (измерение ее основных параметров);
- проверка запасных блоков под током;
- проверка укомплектованности запасного имущества прибора (ЗИП).

В зависимости от периодичности профилактические работы подразделяют на ежедневные, недельные, месячные и годовые. Технические осмотры и профилактические работы на агрегатах питания, преобразователях и дизельных электростанциях проводят, исходя из числа часов работы указанных устройств.

Выполнение профилактических работ возложено на обслуживающий персонал станций и специалистов ремонтных пунктов.

Как было указано, опасность отказов элементов зависит от режима работы и эксплуатационных условий. Регулярное выполнение профилактических работ и технических осмотров не только предотвращает постепенные отказы, но и уменьшает количество внезапных отказов, связанных с обрывами, перегораниями, короткими замыканиями и другими причинами.

Некоторое изменение параметров отдельных элементов, не вызывая непосредственного отказа аппаратуры, меняет режим питания других, сопряженных с ними радиодеталей, уже непосредственно влияющих на выходные характеристики аппаратуры. Отказ может быть предупрежден выявлением и заменой подвергшихся старению или износу элементов. Так, например, своевременное устранение повышения питающего напряжения на элементе, выявленного при снятии карты напряжения, предохранит перегорание резистора, пробой конденсатора, выход из строя лампы и т. д.

Своевременное выявление элемента, находящегося накануне закономерного отказа, с целью предотвращения неисправности в станции (аппаратуре) называют *прогнозированием отказа*.

Существует несколько способов прогнозирования.

1. Проверка элементов на соответствие картам рабочих режимов. Она осуществляется с помощью типовых электроизмерительных и радиоизмерительных приборов путем измерения сопротивлений, напряжений и осциллографирования.

Сличая показания приборов с данными, указанными в заводских картах режимов, определяют наличие отклонений сопротивления, напряжения, параметров импульса (длительность, амплитуда, крутизна переднего и заднего фронтов, частота следования, форма) в контрольных точках схемы. При обнаружении отклонений находят элемент или группу элементов, параметры которых вышли за пределы норм.

Быстрый и эффективный анализ карт рабочих режимов возможен только при хорошем знании электрической и монтажной схем, конструкции станции и умении пользоваться измерительными приборами.

2. Непосредственная поверка параметров элементов осуществляется на специальной измерительной аппаратуре путем замеров параметров изъятых из схемы контролируемого элемента. Чаще всего этим способом пользуются для проверки параметров радиоламп. Другие детали (резисторы, конденсаторы, реле) должны быть выпаяны из схемы или изолированы от влияния других цепей.

3. Изменение режима работы аппаратуры уменьшением питающих напряжений используется для проверки качества ламп непосредственно в аппаратуре, имеющей режим «Контроль». Снижением накального напряжения на лампах создается такой режим, при котором могут быть оценены один или несколько выходных параметров контролируемого блока (узла, станции). Значительное ухудшение таких параметров говорит об ухудшении характеристик одной или нескольких ламп и о приближении отказа аппаратуры.

Аппаратура длительного применения подвергается текущему, среднему и капитальному ремонту.

Текущий ремонт производится на месте эксплуатации РМС (аппаратуры) обслуживающим персоналом или специалистами ремонтных пунктов. Он заключается в замене выявленного во время профилактических работ или в процессе эксплуатации неисправного элемента, а иногда и в ремонте неисправного узла (блока). После ремонта основные рабочие режимы проверяют, как правило, по контрольным приборам узла (блока) или станции.

Средний ремонт выполняют на месте эксплуатации аппаратуры специалисты РВП или специализированных мастерских с привлечением обслуживающего персонала аэрологической станции. Он заключается в выявлении и замене отказавших отдельных узлов и блоков РМС, не требующих ремонта в заводских условиях. Потребность в среднем ремонте возникает, как правило, после 5—6 лет эксплуатации РМС (наработка порядка 15—17 тыс. часов). После ремонта производят настройку, регулировку и поверку отремонтированных блоков по рабочим параметрам, а также контроль основных выходных технических характеристик станции.

Капитальный ремонт производится на заводе, в специализированных мастерских или на месте эксплуатации силами бригад завода-изготовителя (мастерских). В последнем случае привлекается обслуживающий персонал аэрологической станции и специалисты ремонтных пунктов. Капитальный ре-

монт выполняют тогда, когда большинство элементов, входящих в блоки станции, приближается к этапу износа и старения, в результате чего резко возрастает число отказов. Необходимость в таком ремонте для РМС типа «Метеорит» возникает, как правило, через 9—10 лет эксплуатации (наработка порядка 28—30 тыс. часов). Во время капитального ремонта заменяют значительное количество элементов, восстанавливают или заменяют электромеханизмы, элементы электроавтоматики, измерительные приборы, панели, кожухи. Настраивают, регулируют и проверяют аппаратуру с целью получения всех выходных характеристик на уровне, предусмотренном техническими условиями для новой станции.

Устранению неисправности (ремонту) должно предшествовать установление признаков отказа какого-то элемента или узла, так как часто неисправность вызывается не отказом радиодетали, а разрегулировкой станции, легко устраняемой соответствующими органами настройки и регулировки.

Электроизмерительные и радиоизмерительные приборы должны быть в полной исправности и по точностным характеристикам соответствовать требованиям технических условий. При подготовке к ремонту необходимо подобрать техническую документацию: принципиальные электрические схемы отказавших узлов и блоков, перечни элементов к ним, карты рабочих режимов, техническое описание, инструкцию по эксплуатации.

Поиск причины отказа всегда надо начинать с внешнего осмотра узла или блока, который позволяет сравнительно быстро обнаружить отказавший элемент по следам пробоев и перегораний, по признакам обрывов, замыканий, нарушений креплений и контактов и др. Если при осмотре причина отказа не определена, то дальнейший поиск необходимо вести одним из следующих способов.

1. Пользуясь таблицей неисправностей, помещенной в техническом описании или в инструкции по эксплуатации, найти признаки отказа, соответствующие фактическим признакам отказавшего элемента (узла, блока). Осмотреть подозреваемый в отказе элемент, измерить его параметры и при необходимости отремонтировать.

2. Измерить и сравнить полученные значения сопротивления, напряжения, результаты осциллографирования с данными, указанными заводом в картах рабочих режимов.

Карты рабочих режимов позволяют достаточно быстро обнаружить отказавший элемент (узел, блок). Чтобы измерения были достоверными, параметры применяемых измерительных приборов должны соответствовать указанным в электрокалибровочных картах, а положения органов управления этих

приборов должны соответствовать, тем при которых составлялись карты рабочих режимов.

3. Одновременно с выполнением необходимых измерений производят анализ признаков неисправности узла (блока) в сочетании с анализом его принципиальной схемы.

Наиболее эффективным способом отыскания причин отказа является последний, но он требует специалистов высокой квалификации.

Отказавшие элементы должны быть изъяты из монтажной схемы и заменены исправными с соответствующими номиналами. Однако после обнаружения таких элементов необходимо до их замены найти причину отказа (износ, старение, ненормальный режим эксплуатации, замыкание и т. д.). Если режим работы отказавших элементов был предельным, принять меры к его облегчению.

В процессе ремонта электрический монтаж узлов (блоков) должен быть произведен (восстановлен) в полном соответствии с принципиальной и монтажной схемами. Провода не должны иметь поврежденной изоляции и сростков. Устанавливаемые узлы и детали блоков должны быть тщательно закреплены. Все соединения должны иметь высокую механическую прочность и хорошие электрические контакты. При монтаже не допускается засорение узлов и блоков механическими стружками и пылью.

Монтажные провода должны подходить к элементам схемы без натяжений и изломов и не должны ложиться на острые углы деталей. Расстояния между голыми проводами, оголенными токоведущими элементами и корпусом должны быть не менее 5 мм. Контактные петли проводов должны быть облужены и зажаты между двумя шайбами. Одножильные провода диаметром до 2 мм могут быть заделаны непосредственно под винт, провода больших диаметров впаивают в соответствующие наконечники. Перемычки длиной более 15 мм заключают в полихлорвиниловые или линоксиновые трубки.

Пайку монтажных схем выполняют припоем ПОС-40. При этом пайка «встык» или «внакладку» не допускается. Одножильные провода могут соединяться «колечками», «скруткой», «муфточкой» с обязательной пропайкой мест соединения. Расстояние между отдельными пайками должно быть не менее 5 мм (исключение допускается только для ламповых керамических панелей).

Крепление и пайку выводов конденсаторов производят на постоянных не менее 5—8 мм от корпуса конденсатора. Пайку постоянных сопротивлений необходимо делать на расстоянии не менее 8—10 мм от корпуса резистора. Пайке конденсаторов и резисторов должно предшествовать их надежное механиче-

ское крепление к шасси узла (блока). Указанные элементы должны крепиться так, чтобы было удобно читать их маркировку. Изгиб проволочных или ленточных выводов, выводов конденсаторов и резисторов рекомендуется делать на расстоянии не менее 3 мм от корпуса конденсатора или резистора. Пайку выводов полупроводниковых приборов рекомендуется производить на определенных расстояниях от корпуса:

Диоды Д7Ж и Д7Е	не менее 5 мм
Диоды ДГУ1-14	не менее 10 мм
Диоды Д101-Д103	не менее 15 мм
Диоды Д202-Д205	} не менее 5 мм
Триоды П101-П103	
Триоды П201-П203, П13-П16	не менее 10 мм

Полупроводниковые элементы при этом не должны помещаться возле деталей, подвергающихся нагреву.

Осмотр аппаратуры, чистку от грязи, пыли, влаги необходимо производить, соблюдая определенные правила. Приступая к этой работе, нужно убедиться в том, что аппаратура обесточена. Протирая монтаж, не следует изгибать жесткие проводники в местах, близких к пайкам, чрезмерно нагружать или вытягивать провода.

Обслуживающий персонал как при эксплуатации РМС, так и во время ремонта должен твердо знать правила оказания первой помощи в случае поражения электрическим током. Прежде чем приступить к работе на РМС, каждый специалист должен ознакомиться с правилами по технике безопасности.

При работе на станции запрещается:

- работать в одиночку при ремонте и настройке;
- проверять на ощупь наличие напряжения;
- применять провода с поврежденной изоляцией;
- производить пайку в блоках, находящихся под напряжением;
- производить измерение напряжения и тока неизолированными штекерами и щупами;
- производить подключение блоков к находящейся под током РМС (аппаратуре);
- производить замену предохранителей во включенной аппаратуре.

Глава 1.4.

ВЗАИМОСВЯЗЬ ТЕХНИЧЕСКОГО
СОСТОЯНИЯ АППАРАТУРЫ
И ЕЕ МЕТРОЛОГИЧЕСКИХ
ХАРАКТЕРИСТИК

Рассмотренные ранее способы определения координат РЗ (РП), рабочая частота РМС и условия размещения станции на позиции обуславливают результирующую погрешность измерений данной системы с учетом принятого метода обработки.

В процессе эксплуатации вследствие старения и износа электрических и механических деталей антенно-фидерной системы, цепей задержки, кинематических и регистрирующих устройств, устройств кодирования и передачи и других узлов возникают скрытые неисправности. Они изменяют величину и знак погрешности воспроизведения измеренных метеопараметров данным устройством и в целом ухудшают основной метеорологический показатель — результирующую погрешность.

Ухудшение паспортной точности измерений определяют при поверке РМС (РЗ) и восстанавливают ее путем устранения неисправности (ремонта).

В этой главе будут рассмотрены основные устройства системы радиозондирования, обеспечивающие заданную точность измерений, и причины, вызывающие ее снижение.

1.4.1. Антенны радиолокационных метеорологических станций

В радиолокационной метеорологической станции метрового диапазона «Малахит» используется антенна «волновой канал». В радиолокаторах «Метеор» («Метеорит», «Метеорит-2»), работающих в дециметровом диапазоне, применена параболическая антенна. Рассмотрим устройство этих антенн, образование диаграммы направленности и причины, влияющие на точность измерения координат РЗ (РП).

Антенна «волновой канал» (рис. 1.4.1) состоит из следующих элементов: петлевого излучателя 2 (активный вибратор), сетчатого рефлектора 1 (отражатель), директоров 3 (пассивные вибраторы), согласующего устройства 5 (шлейф), коаксиального фидера 6, антенного коммутатора, стрелы 4 и вращающегося соединения 7.

Передачик РМС создает электромагнитные колебания с частотой 216 МГц. Энергия УВЧ, подводимая к вибратору по фидеру, создает в нем вынужденные колебания с той же частотой. От вибратора в обе стороны вдоль стрелы станут распространяться радиоволны длиной 1,39 м. Они создадут в рефлекторе и директорах вынужденные электромагнитные колеба-

ния. Эти элементы антенны станут излучателями радиоволн такой же длины, но меньшей мощности, чем радиоволны, излучаемые вибратором. Распространение волн также будет происходить в обе стороны вдоль стрелы.

Фаза и амплитуда волн зависят от геометрических размеров и взаимного расположения элементов антенны. Они выбраны так, что суммарная емкость, индуктивность и омическое сопротивление всех элементов образуют открытый колебательный контур с резонансной частотой 216 МГц.

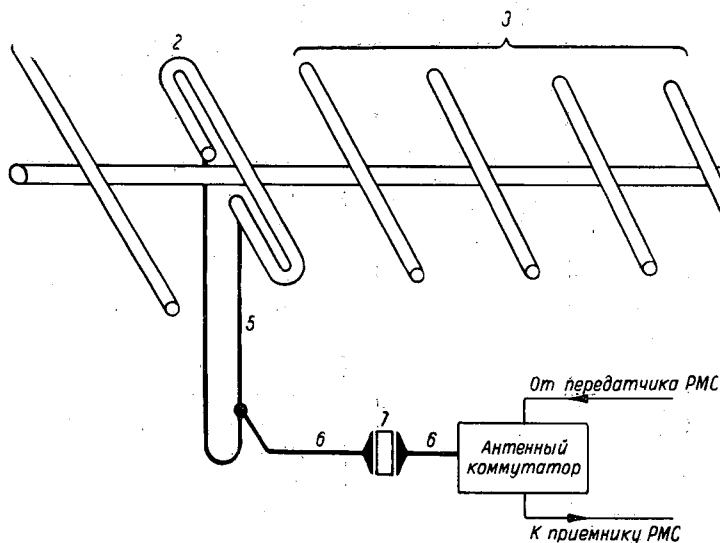


Рис. 1.4.1. Устройство АФС «волновой канал».

Одностороннюю направленность диаграмме придает круглый сетчатый рефлектор, а четыре директора концентрируют электромагнитную энергию узким пучком в главном направлении.

Рассмотрим формирование диаграммы направленности антенны при идеальных и реально существующих условиях.

Допустим, что рефлектор имеет размеры, равные $\lambda/2$, и установлен строго на расстоянии $\lambda/4$ от вибратора. В идеальном случае волна вибратора, дойдя до рефлектора, будет иметь фазу $\pi/2$ (рис. 1.4.2).

Согласно закону Ленца, наведенная в рефлекторе ЭДС будет отставать по фазе от ЭДС волны вибратора на величину π , а излученная рефлектором волна отстанет от волны вибратора

на $\frac{3}{2}\pi$. В точке 0 волна рефлектора отстанет по фазе от волны вибратора уже на величину 2π , т. е. на полную волну λ .

Аналогичное положение будет с ЭДС, индуцируемой в директорах D_1-D_4 , если они удалены друг от друга на $\lambda/3$; в первом директоре она опережает ЭДС вибратора на $\pi/2$, во втором — на π , в третьем — на $\frac{3}{2}\pi$ и т. д.

Поэтому в направлении A волны вибратора, рефлектора и директоров проходят синфазно, складываются и в сумме дают очень большую напряженность поля. В направлении B волны оказываются в противофазе. Так как мощность волны рефлектора будет меньше мощности волны вибратора, то часть энергии рефлектора просочится в направлении B и в боковые стороны от антенны, вызывая нежелательное появление заднего и боковых лепестков излучения.

Из сказанного видно, что элементы антенны взаимосвязаны между собой электромагнитными полями. Вследствие сложной интерференции волн они, влияя друг на друга, изменяют собственные электрические параметры, изменяя тем самым и общие параметры антенны. Как колебательный контур антенна окажется рас-

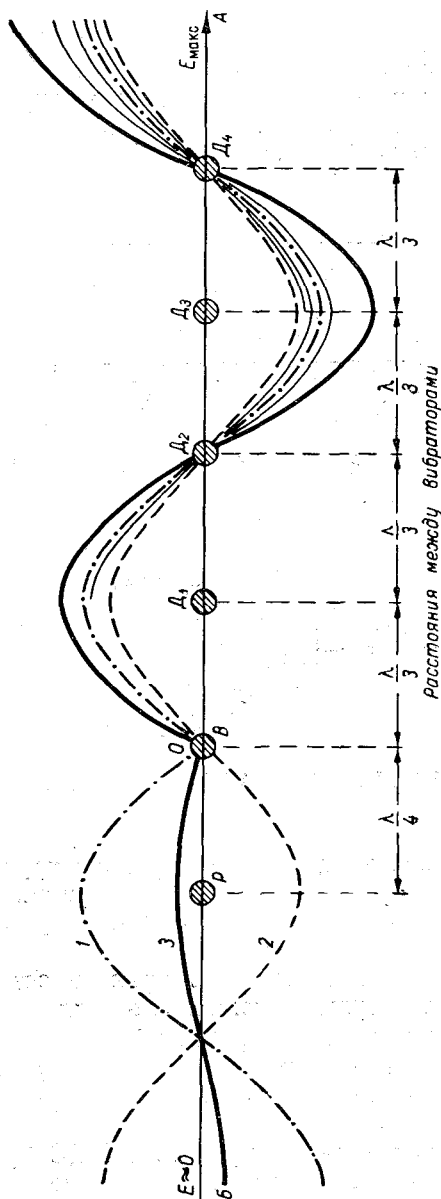


Рис. 1.4.2. Формирование диаграммы направленности в антенне «волновой канал».

1 — волна вибратора B и директоров D_1-D_4 , 2 — волна рефлектора P , 3 — результирующая волна антенны.

строенной относительно частоты, генерируемой передатчиком. Это произойдет потому, что ЭДС строго полуволнового рефлектора будет отставать по фазе от ЭДС вибратора не на $\frac{3}{2}\pi$, как было показано, а на угол, меньший 270° . Соответственно изменяются фазы волн, индуцируемых в директорах волнами вибратора и рефлектора, и при этом создается уже не максимальное, а какое-то результирующее, в зависимости от сдвига фаз, электромагнитное поле. Мощность потока энергии в направлении A уменьшится, форма диаграммы направленности исказится.

На основании расчетов установлено, что расстройки антенны можно избежать, если рефлектор установить на меньшем, чем $\lambda/4$, удалении от вибратора, но тогда его геометрические размеры должны быть иными, несколько отличными от $\lambda/2$. Это распространяется и на размеры и взаимное расположение директоров D_1 — D_4 и удаление D_1 от вибратора.

Если вибратор короче волны, то, кроме активного сопротивления, он обладает также и емкостным сопротивлением. Если же вибратор длиннее половины волны, то он обладает активной и индуктивной составляющими.

Если диаметр провода полуволнового вибратора мал, то на нем укладывается как раз половина волны. Если же вибратор сделан из толстого провода, то на нем уложится несколько больше половины волны. Чтобы разместить на таком вибраторе полволны, его нужно укоротить.

Близость к вибратору земли или посторонних предметов как бы утолщает его, и на нем укладывается больше половины волны.

Антенна РМС «Малахит» (рис. 1.4.3) представляет собой сложную приемопередающую систему, состоящую из пяти волновых каналов, аналогичных по устройству и принципу действия рассмотренному. Четыре волновых канала (расположенные в вершинах квадрата с диагональю $1,8\lambda$) служат для приема электромагнитной энергии РЗ (ПО), пятый (расположенный в центре квадрата) — для передачи запросных импульсов. Все элементы волнового канала имеют вертикальную поляризацию. Такая установка обеспечивает прием от РЗ (ПО) только вертикально поляризованной волны в момент, когда его антенна займет не строго вертикальное положение. Этим обеспечивается устойчивая индикация видеоимпульсов азимута и угла места на экране индикатора угловых координат РМС.

У такой антенной системы, рассчитанной для диапазона частот 215—218 МГц, угол раствора диаграммы направленности по уровню 0,707 составляет $18 \pm 2^\circ$, коэффициент направленного действия равен 25. При коэффициенте бегущей волны 0,68 коэффициент полезного действия антенны не менее 80%.

Максимальная погрешность измерения угловых координат радиозонда в диапазонах измерения угла места от 16° до 75° и азимута от 0 до 360° достигает (с учетом случайной ошибки): по углу места $1,4^\circ$, по азимуту $1,6^\circ$. Значения случайных ошибок не превышают $0,25^\circ$ по углу места и $0,27^\circ$ по азимуту.

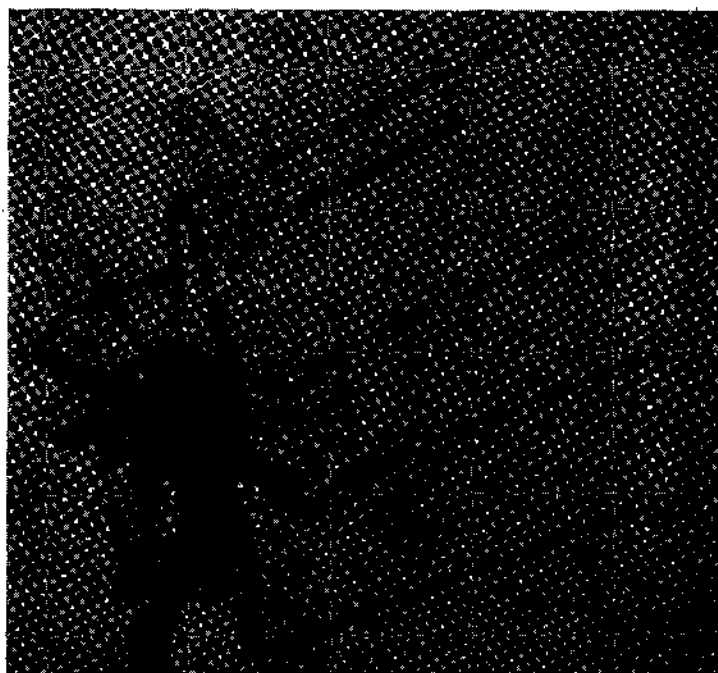


Рис. 1.4.3. Общий вид антенной системы РМС «Малахит».

Дальность сопровождения радиозондовых передатчиков мощностью не менее $0,1$ Вт в импульсе до 150 км. Уровень боковых лепестков по мощности составляет $3-4\%$, заднего — 12% от основного.

Параболическая антенна (рис. 1.4.4) состоит из следующих основных частей: вращающейся головки антенны 1, параболического отражателя 2, азимутального (α) и угломестного (δ) вращающихся соединений 3, жесткого пустотелого коаксиального фидера 4, антенного переключателя с разрядной камерой 5. В состав головки антенны входят полуволновой вибратор 6 и вращающийся металлический отражатель (контррефлектор) 7.

Антенна может вращаться по азимуту на 360° и по углу места от -3° до $+90^\circ$. Передачу высокочастотной энергии от передатчика к вибратору во время вращения антенны осуществляют азимутальное и угломестное вращающиеся соединения.

Рассмотрим несколько подробнее устройство параболического отражателя и антенной головки, формирующих диаграмму направленности (рис. 1.4.5).

Точка O называется вершиной параболоида, линия OA — осью параболоида, расстояние от вершины O до фокуса B — фо-

Рис. 1.4.4. Скелетная схема АФС с параболическим отражателем.

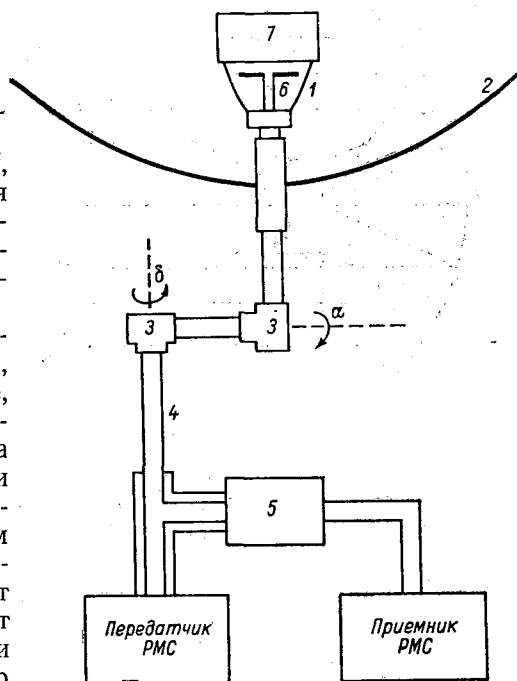
кусным расстоянием f , а плоскость, проходящая через фокус перпендикулярно оси параболоида — фокальной плоскостью.

Известно, что лучи точечного источника света, помещенного в фокусе, после отражения от поверхности параболоида будут параллельны оси OB . Полуволновой вибратор не является точечным источником, поэтому радиолучи, отраженные от параболоида, образуют расходящийся пучок. При этом чем больше диаметр отражателя по сравнению с длиной волны, тем меньше расхождение лучей. Следовательно, коэффициент направленного действия параболической антенны возрастает с увеличением отношения R/λ .

Чтобы получить расчетный угол раствора диаграммы и максимальную напряженность электромагнитного поля, необходимо:

— выбрать оптимальное фокусное расстояние параболоида в соответствии с его радиусом; оно приближенно определяется из равенства

$$f \approx 0,7R; \quad (1.4.1)$$



— направить всю энергию электромагнитных волн, излучаемых вибратором, на параболоид.

Находящийся внутри антенной головки вибратор устанавливают строго в фокусе параболоида. Энергия, подводимая к вибратору, будет излучаться в виде радиоволн в обе стороны вдоль оси параболоида. Часть энергии, попадающая на параболоид, отразится от него узким пучком вдоль оси OA . Если бы отсутствовал контррефлектор, другая часть энергии излучалась бы непосредственно в пространство широким пучком расходящихся волн.

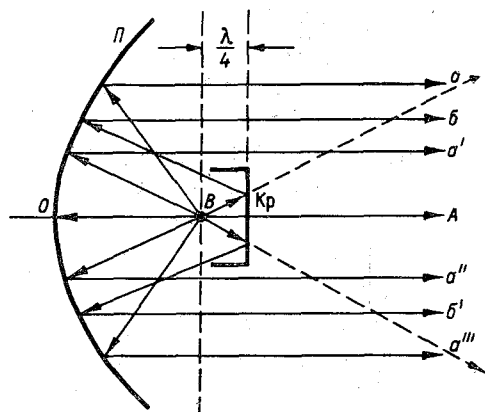


Рис. 1.4.5. Схема образования диаграммы направленности в параболической антенне.

B — вибратор; Π — параболоид; Kp — контррефлектор; OA — ось параболоида; a, a', a'', a''' — энергия радиоволн, отраженных только от параболоида; b, b' — энергия радиоволн, отраженная контррефлектором на параболоид и параболоидом в пространство.

На удалении $\lambda/4$ от вибратора со стороны, противоположной параболоиду, устанавливают контррефлектор. Он отражает падающую на него энергию вибратора на параболоид, увеличивая поток основной электромагнитной энергии. Суммарная напряженность электромагнитной энергии в этом случае будет максимальной

$$\sum G_E = 0,82\pi \frac{R}{\lambda}. \quad (1.4.2)$$

Уровень боковых лепестков у параболической антенны не превышает 1% от уровня основного лепестка. Задний лепесток практически отсутствует.

Электрическую ось диаграммы направленности можно смещать в ту или иную сторону относительно геометрической оси антенны незначительным смещением вибратора от фокуса, но обязательно в фокальной плоскости. Электрическая ось диаграммы (максимум излучения) сместится на некоторый угол α в направлении, противоположном смещению вибратора:

$$\sin \alpha = \frac{x}{R}, \quad (1.4.3)$$

где x — величина смещения центра вибратора.

На угол раствора диаграммы направленности существенное влияние оказывает точность изготовления параболоида вращения. Для РМС «Метеор» («Метеорит», «Метеорит-2») точность кривизны параболоида должна быть не хуже ± 3 мм в любой точке. Исключается установка контррефлекторов с деформированной отражающей поверхностью или размещение вибратора не в фокусе параболоида. Последнее опасно из-за возможности рассогласования оптической и геометрической осей и возникновения коллимационной погрешности.

Так как вибратор установлен вертикально по отношению к горизонту и неподвижен, то антенна излучает и принимает электромагнитную энергию, у которой вектор электрического поля ориентирован вертикально. Для рассеивания горизонтальной составляющей электрического поля применен фильтр, выполненный в виде горизонтально натянутых в раскрыве параболоида параллельных металлических прутьев, расстояние между которыми менее полуволны. Фильтр пропускает перпендикулярную прутьям (вертикальную) составляющую электрического поля и отражает продольную (горизонтальную) составляющую.

При отсутствии фильтра или при деформации и поломке прутьев в моменты, когда антенна радиозонда займет в полете не строго вертикальное положение, на антенну РМС попадет сдвинутая по фазе энергия горизонтальной и вертикальной

Таблица 1.4.1

Основные характеристики антенн параболического типа, применяемых в РМС

Характеристика АФС	РМС	
	„Метеор“, „Метеорит“	„Метеорит-2“
Диаметр параболоида, м	1,83	2,50
Фокусное расстояние, мм	549	875
Эффективная излучающая поверхность, м ²	5,07	8,47
Поляризация	Вертикальная	Вертикальная
Коэффициент направленного действия	376	708
Коэффициент бегущей волны	0,6	0,6
Коэффициент полезного действия, %	80	80
Волновое сопротивление, Ом	50	50
Угол раствора диаграммы направленности, град.	$6,5 \pm 1$	4 ± 1
Минимальный рабочий вертикальный угол, град.	6	4
Частота сканирования диаграммы направленности, Гц	24	24
Коэффициент усиления	530	1500

составляющих волны, излучаемой радиозондом. Произойдет нарушение работы системы управления антенной вследствие изменения напряжения принятых сигналов. Геометрическая ось антенны отклонится от направления на цель и восстановление угловых координат произойдет не раньше чем антенна радиозонда займет строго вертикальное положение. Появится погрешность измерений вертикального и горизонтального углов радиозонда, носящая случайный характер.

Антенны параболического типа, рассчитанные для диапазона частот 1770—1795 МГц, имеют характеристики, указанные в табл. 1.4.1.

1.4.2. Диаграмма направленности антенны

Антенное устройство РМС выполняет следующие функции:

- 1) принимает с минимумом потерь выработанную передатчиком станции энергию;
- 2) излучает энергию в определенном направлении;
- 3) сопровождает РЗ (РП) при любых изменениях траектории полета в радиусе действия РМС;
- 4) принимает переданную РЗ телеметрическую информацию или отраженную от УО (излученную ПО) энергию и с минимумом потерь направляет ее в приемное устройство;
- 5) обеспечивает измерение наклонной дальности и угловых координат РЗ (РП) с заданной точностью.

На точность измерения координат влияют такие показатели антенны, как коэффициент полезного действия (КПД) и коэффициент направленного действия (КНД).

Под КПД антенны понимают отношение излученной мощности к мощности, подведенной от передатчика. Как известно из основ радиолокации, КПД антенны тем больше, чем больше сопротивление излучения и чем меньше потери энергии высокой частоты на нагрев, токи Фуко, скин-эффект и потери в диэлектрике.

Коэффициентом направленного действия антенны μ_A называется отношение плотности потока мощности, излучаемой данной антенной в главном направлении, к плотности потока мощности, которая излучалась бы во все стороны ненаправленной (изотропной) антенной, при равенстве полной мощности излучения обеих антенн и при условии проведения измерений на одинаковом удалении от них.

Коэффициент направленного действия полуволнового вибратора определяют, зная его длину l и длину рабочей волны λ :

$$\mu_A = \frac{120\pi^2 \left(\frac{l}{\lambda}\right)^2}{R_z}. \quad (1.4.4)$$

Коэффициент направленного действия параболической антенны определяют по диаметру параболического отражателя и длине волны:

$$\rho_A = 32,8 \frac{D^2}{\lambda^2}. \quad (1.4.5)$$

В практике часто коэффициент направленного действия заменяют понятием угла раствора, или ширины диаграммы направленности. Углом раствора θ называется угол, образованный двумя линиями, проведенными из центра излучателя (ви-

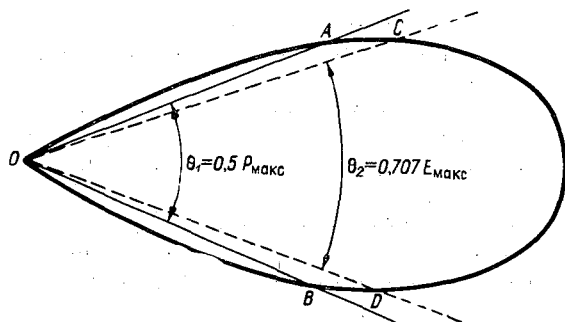


Рис. 1.4.6. Определение ширины диаграммы направленности антенны.

братора) O через точки половинной мощности AB или уровня $0,707$ напряженности электромагнитного поля CD диаграммы направленности (рис. 1.4.6).

Значения углов раствора диаграмм различных антенн дают возможность оценивать точность измерения координат РЗ (РП) и определять минимальный рабочий вертикальный угол.

В случае равенства излучаемых мощностей в импульсе большую дальность действия будет иметь та РМС, антенна которой имеет более узкую диаграмму направленности, с большим КНД. Так, при равенстве рабочих частот и излучаемых мощностей дальность сопровождения РЗ (ПО) станцией «Метеорит-2» больше на 100 км радиуса действия РМС «Метеорит».

У антенн типа «волновой канал» КНД зависит от числа вибраторов, установленных в антенне, расстояния между ними и длины волны. Приблизительную ширину диаграммы направленности можно оценить по эмпирической формуле

$$\theta = \frac{(1,2 + 1,4) \pi}{n}, \quad (1.4.6)$$

где n — число элементов антенны, θ — угол раствора в радианах.

Угол раствора диаграммы такой антенны зависит от расстояния d между вибраторами:

$$\sin \theta = \frac{\lambda}{2d}. \quad (1.4.7)$$

Угол раствора диаграммы параболической антенны по точкам половинной мощности будет соответствовать

$$\theta = 68,8 \frac{\lambda}{2R}. \quad (1.4.8)$$

Из соотношений (1.4.7) и (1.4.8) следует:

— чем больше расстояние между элементами антенны или радиус параболоида, тем меньше угол раствора диаграммы, и наоборот;

— более узкую диаграмму направленности можно получить, применяя более короткие волны. Это свойство позволяет использовать менее громоздкие антенны для излучения более коротких волн.

Зная эффективную площадь излучения антенны $A_{\text{изл}}$, зависящую от ее формы, размеров, взаимного расположения элементов, можно определить коэффициент усиления антенны

$$G_A = \frac{4\pi A_{\text{изл}}}{\lambda^2}. \quad (1.4.9)$$

Для параболических антенн эффективная площадь излучения составляет примерно 75% диаметра параболоида, у антенн «волновой канал» она значительно меньше.

У исправных антенн РМС «Малахит», «Метеорит» и «Метеорит-2» G_A соответственно равно 25, 530 и 1500. При постоянстве других факторов (таких, как рабочая частота, мощность в импульсе, длительность импульсов, частота посылок и т. д.) точность сборки антенны, ее техническое состояние в процессе эксплуатации оказывают непосредственное влияние на G_A .

1.4.3. Согласование сопротивлений в АФС

Известно, что мощность, которую излучает полуволновой вибратор при питании вразрез, равна

$$P_{\Sigma} = 73,2 I_{\Pi}^2, \quad (1.4.10)$$

где I_{Π} — ток в пучности.

Отношение $\frac{P_{\Sigma}}{I_{\Pi}^2}$ равно 73,2. По аналогии с электрической мощностью $P = RI^2$ коэффициент 73,2 называют сопротивлением излучения вибратора ($R_{\Sigma} = 73,2 \text{ Ом}$).

Вибратор как резонансная система представляет собой по отношению к фидеру чисто активное сопротивление, называемое входным. Его можно рассматривать как противодействие, которое оказывает напряжение стоячей волны на вибраторе напряжению бегущей волны фидера. Величину входного сопротивления находят из отношения пучности напряжения к пучности тока. Если сопротивление излучения равно 73,2 Ом, то входное сопротивление вибратора также должно быть равным сопротивлению излучения, т. е. 73,2 Ом.

Согласование сопротивления излучения с входным сопротивлением осуществляют выбором вибратора, его геометрических размеров и способа подключения источника колебаний ультравысокой частоты. Чтобы в фидере установилась бегущая волна, необходимая для поддержания колебаний в вибраторе и уменьшения потерь в линии, его волновое сопротивление (отношение напряжения к току при бегущей волне) нужно уравнивать с входным сопротивлением вибратора, т. е. сделать его равным 73,2 Ом. В этом случае электромагнитная волна (от передатчика к антенне или от антенны к приемнику) на всем пути своего движения, независимо от длины линии, встречает одинаковое волновое сопротивление. Отражения волн не будет и вся энергия (за исключением потерь в линии) будет воспринята нагрузкой. Вдоль линии установится режим бегущей волны (рис. 1.4.7), характеризуемый коэффициентом бегущей волны

$$\text{КБВ} = \frac{U_{\text{мин}}}{U_{\text{макс}}} \quad (1.4.11)$$

С появлением отражения волн и образованием стоячей волны КБВ уменьшается. Момент согласования сопротивлений определяют по значению измеренного КБВ. Допустимым считается КБВ, равный 0,6—0,8. В этом случае излучаемая вибратором мощность будет почти равна подводимой, а КПД антенны близким к единице.

Волновое сопротивление фидера зависит от размеров проводников, их взаимного расположения и диэлектрической проницаемости изоляции. Для концентрических фидерных линий оно равно 40—100 Ом.

Согласование волнового сопротивления фидера с входным сопротивлением вибратора производят выбором фидера и применением специальных согласующих устройств (полуволновых шлейфов, четвертьволновых отрезков фидерных линий, переходных и блокирующих устройств). В РМС «Малахит» применен гибкий коаксиальный фидер марки РК-75-4-15 (РК-1), имеющий один внутренний и один внешний провод.

Антенны РМС «Метеор» («Метеорит», «Метеорит-2») имеют входное сопротивление, равное 50 Ом. Для передачи энергии в этих станциях применен высокочастотный концентрический (с совпадающими центрами) фидер, изготовленный из двух латунных трубок, вставленных одна в другую, и имеющий волновое сопротивление 50 Ом. Диаметры трубок подобраны так, чтобы обеспечить пропускание необходимой мощности при наименьших потерях. Они могут быть определены из уравнения

$$\rho = \frac{138}{\sqrt{\epsilon}} \lg \frac{D}{d}, \quad (1.4.12)$$

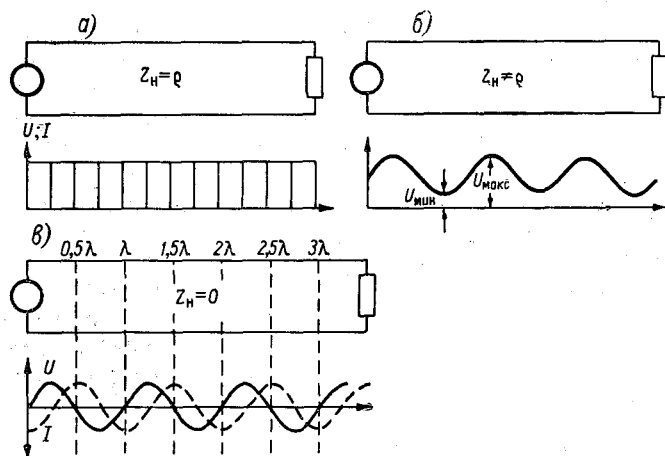


Рис. 1.4.7. Определение коэффициента бегущей волны.

a — входное и волновое сопротивление согласованы (КБВ равен 1); *б, в* — входное сопротивление антенны не равно волновому сопротивлению фидера.

где ρ — волновое сопротивление фидера, равное в данном случае 50 Ом; ϵ — диэлектрическая постоянная изоляционного материала, для воздуха $\epsilon = 1$; D — внутренний диаметр наружной трубки; d — наружный диаметр внутренней трубки.

Для уменьшения потерь в фидерной линии токопроводящие части трубок (внутренняя поверхность наружной трубки и наружная поверхность внутренней трубки) шлифуют и серебруют, а в процессе эксплуатации периодически промывают спиртом-ректификатом. Потери на излучение практически отсутствуют, так как электромагнитная энергия, передаваемая фидером, заключена в пространстве между внутренним и наружным проводниками.

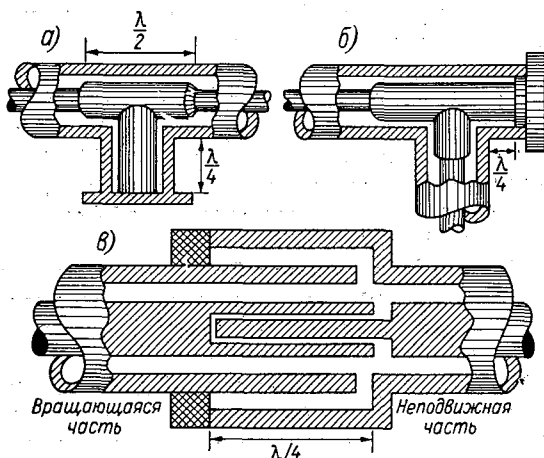
Отдельные узлы фидера соединены между собой при помощи разъемных соединений, обеспечивающих плотный кон-

такт. Герметичность соединений достигается установкой резиновых колец и манжет. Это предотвращает попадание внутрь фидера пыли и влаги, ухудшающих КВВ и способствующих возникновению пробоя.

Прохождение стабильного сигнала от передатчика к антенне и обратно при вращении антенны по углу места и азимуту обеспечивается вращающимися соединениями.

Крепление и центрирование внутренней трубки в наружной произведено с помощью четвертьволновых T -образных изоляторов, образующих короткозамкнутые отрезки коаксиальной ли-

Рис. 1.4.8. Устройство T -образного (а), уголкового (б) и вращающегося угломестного и азимутального соединений (в) для передачи энергии дециметровых волн в концентрическом фидере.



нии. Изгибы фидера под 90° осуществляются с помощью уголкового изоляторов.

Устройство вращающихся соединений, T -образного и уголкового изоляторов показано на рис. 1.4.8.

Так как уход частоты передатчика от номинала во время работы значительно меньше допускаемых 20%, то потери в такой линии вследствие некоторого отражения волн будут чрезвычайно малыми, и ими можно пренебречь. Таким образом, практически почти вся энергия передатчика поступает через фидерную линию в антенну.

Незначительное изменение размеров и взаимного расположения элементов антенны или повреждения в фидере приводят к изменению характера и величины нагрузки в фидерной линии: вместо активной составляющей появятся составляющие, несущие индуктивный или емкостный характер, изменится величина активного сопротивления, произойдет самопроизвольная расстройка антенны.

В том случае, когда энергия в конце фидерной линии не расходуется (нагрузка имеет реактивный характер, линия

оборвана или замкнута накоротко), будет иметь место отражение волн. Вследствие этого в линии возникнут стоячие волны. Если фидерная линия будет замкнута на активное сопротивление, но не равное волновому, в линии установятся и бегущие и стоячие волны. В зависимости от величины неравенства выявятся либо стоячие, либо бегущие волны. Потери энергии в АФС возрастут, мощность излучения упадет. Одновременно изменится и угол раствора диаграммы, так как характер нагрузки фидера определяет соразмерность длины вибратора с длиной волны и фазовый сдвиг в антенне.

Результирующий режим в цепи может быть охарактеризован показаниями измерительного прибора, подключенного в разных точках линии. При режиме бегущей волны во всех точках прибор дает одинаковые показания. При режиме стоячей волны показания прибора будут зависеть от точки подключения: на расстояниях 0 ; $0,5\lambda$; λ ; $1,5\lambda$ и т. д. от конца линии возникают узлы напряжения (или пучности тока). Чем сильнее в линии сказывается эффект отражения, тем меньше будет КВВ.

В эксплуатационный период антенно-фидерная система в большей степени, чем другие элементы РМС, подвергается непрерывному воздействию внешней среды. Прямые солнечные лучи, перепады температуры и влажности, образование инея, льда, налипание снега, воздействие механических частиц и химических компонентов, находящихся в атмосфере во взвешенном состоянии, ветровые знакопеременные нагрузки, грязь, коррозия и т. д. вызывают в АФС изменения, пропорциональные срокам эксплуатации.

Солнечная радиация, температура, влага и химические вещества разрушают изоляцию, уплотняющие резиновые кольца, прокладки и манжеты. Вследствие нарушения герметизации пустотелых фидеров пыль и влага проникают внутрь, вызывая коррозию.

Нарушение покраски, ослабление контактов и креплений, посторонние образования на элементах антенны вызывают изменение их геометрических размеров и взаимного расположения. Возрастают переходные сопротивления. Происходят заметные на глаз изменения геометрической формы антенны и соотношений, установленных конструкторской документацией.

Старение и износ подшипников, шестерен и других трущихся сочленений в антенне и сельсинах вызывают появление люфтов и зазоров. Происходит рассогласование показаний угломестных датчиков с фактическим положением антенны. В параболических антеннах может появиться смещение антенной головки относительно фокуса параболоида или оси вращения контррефлектора относительно центра вибратора.

Кроме повреждений в АФС, вызываемых старением и износом деталей (элементов), а также воздействием внешней среды, могут иметь место случайные повреждения антенны при ее транспортировке, установке и небрежном выполнении профилактических работ: изгибы контррефлектора, вибратора или директоров; нарушения геометрических размеров элементов; вмятины и пробои в параболоиде; обрывы, изгибы и другие нарушения параллельности прутьев фильтра и т. д.

Механические повреждения конструкции изменяют сопротивление излучения антенны. Происходит ее расстройка относительно рабочей частоты. Соответственно нарушается согласование ее входного сопротивления с волновым сопротивлением фидера. Возрастают потери энергии на нагрев, токи Фуко, скин-эффект и т. д. Происходит рассогласование оптической, геометрической и электрической осей. Такие показатели антенны, как КПД, КНД, КУ и КБВ, снижаются. Изменяется форма диаграммы направленности, снижаются точность измерений угловых координат и дальность действия РМС.

Для поддержания паспортных значений коэффициентов, характеризующих антенну и, следовательно, точность измерения координат, АФС в процессе эксплуатации требуют более частых профилактических осмотров, тщательного выполнения регламентных и ремонтных работ. Особое внимание должно быть уделено блокам и узлам, находящимся на открытом воздухе: антенному коммутатору, фидерам, наружным частям привода, разъемным соединениям и др.

Объем и сроки регламентных работ и осмотров предусматривает заводская инструкция. Начальник аэрологической станции обязан составить график выполнения регламентных работ и осмотров по сезонам, а инженер станции должен вести контроль, отмечать в графике качество выполнения работ и техническое состояние станции. Отступление от сроков, небрежное выполнение работ и осмотров, замена отказавших элементов другими, не соответствующими паспортным данным, запрещается. Профилактические осмотры и регламентные работы должны сопровождаться немедленным устранением всех обнаруженных неисправностей.

Учитывая особую роль геометрических размеров и взаимного расположения элементов антенны в определении координат, необходимо тщательно очищать наружные части волновых каналов, приводов антенн и фидеров от грязевых образований, снега, инея и льда. При этом во избежание повреждений нельзя допускать изгибов фидеров с малыми радиусами кривизны, особенно при низких температурах. Если температура ниже -40°C , вообще не разрешается изгибать фидеры или менять их крепления.

Профилактические осмотры и регламентные работы делятся на ежедневные, недельные и месячные. Некоторые работы выполняются один-два раза в год (например, проверка наличия смазки на трущихся частях механизма подъема антенной системы по вертикальному углу, на шестернях сельсинов и др.).

Профилактические осмотры АФС предусматривают выполнение следующих работ.

1. Внешний осмотр фидеров и элементов антенной системы, согласующих шлейфов, контактных соединений и механических креплений. Фидеры с нарушенной изоляцией, вмятинами и другими повреждениями должны быть заменены, размеры и взаимное расположение элементов антенны восстановлено, контакты зачищены и облужены.

2. Проверка величины сопротивления изоляции фидеров в каждом волновом канале. Его значение, измеренное мегомметром, должно быть равно бесконечности.

Электрические свойства изоляционных материалов, примененных в фидере РК-75-4-15, указаны в табл. 1.4.2.

Таблица 1.4.2

Электрические свойства изоляционных материалов, примененных в фидере РК-75-4-15

Материал	Диэлектрическая проницаемость	Тангенс угла диэлектрических потерь	
		при $f = 50$ Гц	при $f = 1$ МГц
Полиэтилен стабилизированный	2,2—2,3	0,0002—0,0005	0,0002
Полихлорвинил	3,0—5,0	0,03—0,08	0,03—0,05

Материал	Электрическая прочность, кВ/мм	Теплостойкость, °С	Удельный вес, г/см ³
Полиэтилен стабилизированный	20—35	100	0,92—0,94
Полихлорвинил	14—20	60—70	1,40—1,75

Примечание. Полиэтилен использован в качестве изоляции между внутренним проводом и оплеткой, полихлорвинил — в качестве внешней изоляционной оболочки.

3. Проверка омического сопротивления проводов фидера по всей линии. В зависимости от установки РМС (стационарно или

в прицепе) длина фидеров будет различной. Поэтому величину сопротивления в каждом отдельном случае определяют из известного равенства

$$R = \rho \frac{l}{S}, \quad (1.4.13)$$

где ρ — удельное сопротивление меди, равное $0,0175 \text{ Ом} \cdot \text{мм}^2/\text{м}$; l — длина провода; S — площадь поперечного сечения.

Увеличение сопротивления в линии относительно расчетного значения может произойти вследствие появления коррозии контактов в местах соединений.

4. Определение чистоты контактов вращающихся соединений в антенном коммутаторе и юстираторе.

5. Обнаружение путем внешнего осмотра и легкого покачивания ослабевших креплений элементов антенны.

Во время выполнения регламентных и ремонтных работ категорически запрещается изменять геометрические размеры элементов антенны, их взаимное расположение и размещение в плоскости электрического поля.

Так как техническое состояние АФС непосредственно влияет на выходные характеристики антенны, после установки РМС на позицию производят измерение напряженности электромагнитного поля и подстройку антенны по максимуму излучения. В качестве измерителя напряженности (индикатора) используют термопару достаточной чувствительности или кристаллический детектор в сочетании с измерительным прибором.

В зависимости от излучаемой РМС мощности петлю связи прибора помещают на расстоянии нескольких метров или десятков метров от антенны в направлении максимального излучения. Изменяя электрические параметры АФС с помощью специальных устройств (отрезки линии с ползунками, компенсирующие шлейфы, винты и поршни), настраивают антенну до получения максимальных показаний контрольного прибора. С его помощью можно снять характеристику излучения антенны.

Прибор показывает не абсолютное значение напряженности поля, а относительную величину, поэтому РМС придают графики (таблицы), позволяющие оценить настройку антенны в абсолютных цифрах.

Оператор, находящийся у прибора, вносит в его показания некоторые искажения. Поэтому во время измерений он не должен менять свое положение относительно прибора.

Согласованность сопротивлений в АФС проверяют по КБВ.

Запрещается выполнять регламентные и ремонтные работы, если антенна находится под напряжением: усилия, создаваемые угломестными двигателями, значительны и антенна при

внезапном повороте может нанести травму или сбросить с крыши РМС.

В РМС «Метеорит-2» применен параболоид вращения диаметром 2,5 м. При больших скоростях ветра (более 20 м/с) динамические усилия на угломестные двигатели резко возрастают и затрудняют их работу (перегрузочный вариант). Двигатели могут выйти из строя. Чтобы снять дополнительные нагрузки с двигателей и защитить антенну от воздействия внешней среды, устанавливают радиопрозрачное укрытие (рис. 1.4.9).

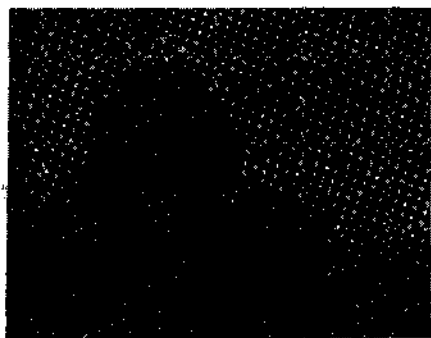


Рис. 1.4.9. Радиопрозрачное укрытие антенны РМС «Метеорит-2».

Оно представляет собой полый шар диаметром 4,6 м, состоящий из шести сегментов. Сегменты соединены между собой 70 радиопрозрачными болтами и гайками. Шар устанавливают на опорное кольцо диаметром 3,2 м, входящее в конструкцию здания. Вес укры-

тия в собранном виде 300 кг. Материалом для радиопрозрачного укрытия служит специальная пластмасса, имеющая малые коэффициенты преломления и поглощения радиоволн. Практически точность и дальность измерений антенны, помещенной под радиопрозрачное укрытие, не изменяются. Срок службы антенны значительно возрастает.

1.4.4. Погрешности за счет задержек в схемах РМС и РЗ (ПО)

Задержки сигнала имеют место во всех без исключения радиотехнических устройствах. В радиоизмерительных системах их необходимо учитывать, так как длительность задержки непосредственно влияет на точность измерений. Так, задержка длительностью 1 мкс приводит к погрешности измерения дальности, равной 150 м.

Задержкой называют время, необходимое для прохождения сигнала по цепям и каскадам радиотехнического устройства от его входа до окончательного каскада (индикатор, регистратор и др.). В передатчике-ответчике задержкой будет промежуток времени между приемом его антенной запросного импульса станции и передачей этой же антенной ответного импульса.

Элементы схемы (фидеры, контуры, полосовые фильтры, искусственные линии задержки, генераторы, электровакуумные приборы и др.) создают различные временные задержки и избежать их практически невозможно. Однако для высокоточных радиоизмерительных приборов и систем (в том числе и систем радиозондирования атмосферы) необходимы такие элементы (узлы, блоки), которые обеспечили бы в схемах незначительные по времени задержки.

Задержки могут быть непостоянными по длительности, даже в одной и той же схеме. Наибольшие временные задержки и наибольшие изменения задержек происходят в следующих случаях.

Приемное устройство РМС. В каналах дальности и угловой автоматики, имеющих ширину полосы пропускания 2—3 МГц, задержка создается за счет растягивания переднего фронта импульсов на выходе приемника. Время, необходимое для достижения амплитудой сигнала порога срабатывания, увеличивается. Если уровень сигнала больше минимальной амплитуды, необходимой для срабатывания, на величину 6 дБ и более, то задержка не превышает 0,5 мкс.

Релаксационные генераторы (блокинг-генераторы мультивибраторы, фантастроны, санатроны, генераторы запирающих импульсов и др.) дают малые задержки, лежащие в пределах 0,1—0,2 мкс, включая время запуска и время нарастания импульса. Однако, если даже хорошо сконструированный блокинг-генератор запускается недостаточно крутым импульсом, время запуска может возрасти до 0,5—1 мкс, хотя время нарастания выходного напряжения от 10 до 90% по-прежнему может оставаться равным 0,2 мкс.

Мультивибраторы и генераторы запирающих импульсов дают несколько меньшую задержку, чем блокинг-генераторы и фантастроны.

В приемных устройствах РМС происходит некоторое растягивание ответных импульсов ПО из-за перегрузки видеоканалов, применения в них реостатно-емкостных схем, а также в результате помех и отражения ответных сигналов ПО от окружающих РМС предметов и площадки. Для уменьшения растягивания в схемы приемных устройств вводят реостатно-емкостные цепи обратной связи, т. е. предусматривают возможные появления искажений сигнала.

Передающее устройство РМС. Задержка зависит от типа генератора. Так, магнетронные генераторы в РМС «Метеорит» («Метеорит-2») имеют малое время нарастания переднего фронта импульса (0,1 мкс и менее), которым можно пренебречь. Однако модуляционному импульсу зачастую преднамеренно придают сложную форму, чтобы помочь магнетрону

начать генерировать колебания нужного типа (рис. 1.4.10). Общая задержка (приложенные импульсы подмодулятора и модулятора и начало генерирования магнетрона) равна 0,1—0,25 мкс.

В триодных генераторах (РМС «Малахит») задержка, определяемая временем установления колебаний, лежит в пределах 0,1—0,3 мкс, а общее время задержки составляет 0,3—0,5 мкс.

Задержками в фидерных линиях можно пренебречь вследствие их малых значений. При необходимости (например, для

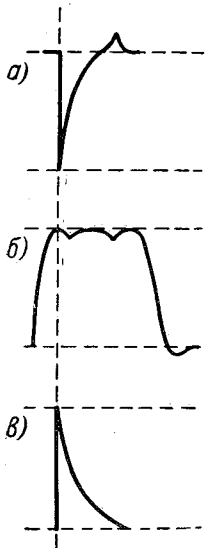


Рис. 1.4.10. Формы импульсов канала запуска передающего устройства РМС.

а — подмодулятор, б — модулятор, в — магнетронный генератор.

высокоточных измерений дальности) задержку можно рассчитать, исходя из длины линий и скорости распространения энергии.

Задержки в передающем устройстве вызывают изменение длительности и амплитуды запросных импульсов, излучаемых антенной РМС.

Если чувствительность и мощность линии запроса гарантированы и обеспечивают дальность сопровождения РЗ (ПО), то в линии ответа ПО возможны пропуски, так как запросные импульсы выключают приемный канал ПО на время выработки ответного сигнала.

Минимально различимый на индикаторе дальности РМС сигнал уменьшается пропорционально корню квадратному из частоты повторения ответных импульсов. Всякое снижение числа ответов приводит к снижению дальности действия системы. Например, снижение способности ПО отвечать до 80% практически мало влияет на перекрываемую дальность, снижение способности отвечать до 50% снижает дальность действия системы на 16%.

При конструировании число ответов ПО ограничено на безопасном уровне, обеспечивающем расчетную дальность действия.

Радиозондовые передатчики - ответчики. Сверхрегенеративные приемные устройства ПО дают неустойчивую задержку, которая колеблется между началом генерации и временем срыва. Она изменяется самым беспорядочным образом от импульса к импульсу.

Используемые в ПО генераторы СВЧ на вакуумных лампах (2С3А, 6С11Д) дают малые задержки, возникающие в основном за счет времени распространения энергии в монтажной схеме от антенны до генератора СВЧ и обратно, а также вследствие того, что ответ на полученный от РМС запрос вырабатывается схемой спустя определенное время.

Если расстояние до ПО необходимо измерять с очень большой точностью (например, 15—20 м), то задержкой в ответчике пренебречь нельзя. Она должна выдерживаться с точностью $\pm 0,1$ мкс в течение всего времени полета РП.

Стабилизацию временной задержки осуществляют по нескольким направлениям. Если, например, возрастание температуры вызывает увеличение сопротивления в анодной цепи лампы генератора СВЧ, постоянную времени RC можно поддерживать строго неизменной, применяя емкости необходимого номинала с отрицательным температурным коэффициентом. Влияние изменений напряжения источника тока в радиозонде устраняют защитой батарей от низких температур и применением батарей с высокостабильным напряжением. Могут быть применены и другие виды стабилизации напряжения (применение стабилизаторов в радиозондах повышенной точности, изменение напряжения смещения для компенсации влияния изменения анодного напряжения и др.).

Изменение длительности запросных сигналов РМС вызывает в ПО изменения временной задержки ответа двух типов: неустойчивые изменения и изменения, связанные с самим принципом создания ответного сигнала.

Наращение процессов в схеме ПО протекает по экспоненциальному закону. Переход генератора СВЧ в область неустойчивого срабатывания увеличивает время задержки.

Чтобы временная задержка не превышала 0,1 мкс, приемный канал ПО настраивают на длительность запросных импульсов, несколько большую нормальной, чтобы они не приходились на область неустойчивого срабатывания. За счет некоторого увеличения времени потери чувствительности приемного канала обеспечивается относительное ограничение числа ответов (рис. 1.4.11).

В системах «Метеорит»—РКЗ применяют импульсы с крутым передним фронтом. При этом ПО запускается в том случае, если амплитуда напряжения запросного импульса будет иметь требуемый уровень. Если передний фронт запросного импульса окажется пологим, то время запуска ПО увеличится ровно настолько, чтобы амплитуда запросного импульса возросла до номинального значения. Задержка генерирования ответного импульса увеличит погрешность в измерении дальности (рис. 1.4.12).

Если амплитуда запросного сигнала окажется ниже определенного уровня (при больших удалениях РЗ, РП), то времен-

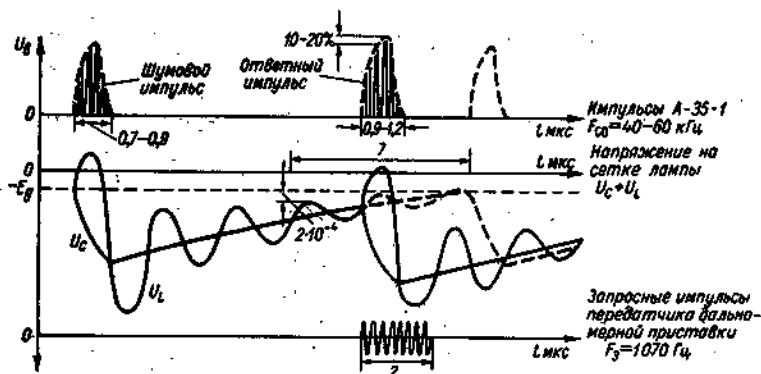


Рис. 1.4.11. Генерирование импульсов передатчиком-ответчиком при разомкнутой цепи манипуляций (режим ответа).

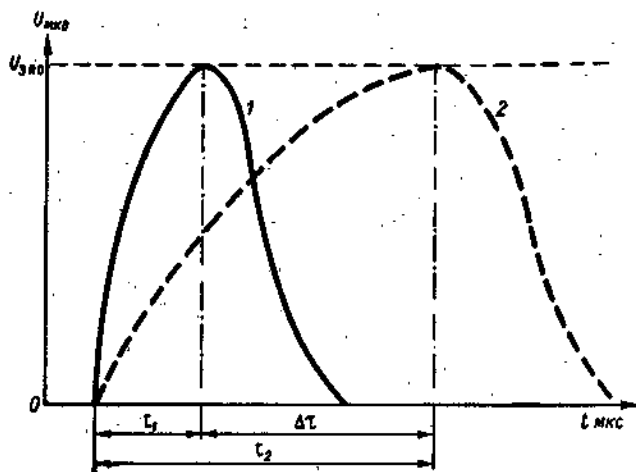


Рис. 1.4.12. Зависимость времени ответа передатчика-ответчика от формы запросного импульса.

1 — импульс с крутым передним фронтом, 2 — импульс с пологим передним фронтом, $\Delta t = t_2 - t_1$ — время запаздывания ответа.

ная задержка существенно изменится: ответные сигналы будут более пологие, чем нормальные. В результате запертый генератор СВЧ в ПО отойдет позже. Для слабых сигналов задержка может стать больше нормальной (до 1 мкс), что значи-

тельно снизит точность измерения наклонной дальности. Поэтому наблюдения на удалениях, больших допускаемых техническими условиями, не проводят.

Выбор величины общей задержки (включая допустимую неустойчивость) для радиолокационных метеорологических измерительных систем определяется необходимой точностью измерения дальности. Таким образом, причиной задержек является то, что необходимо некоторое время для нарастания импульса в узкополосных системах, распространения энергии в фидерных линиях и видеоканале, достижения порога срабатывания нарастающим напряжением, нарастания колебаний в усилителях с низкой промежуточной частотой, нарастания колебаний в регенеративных каскадах, установления колебаний в генераторах.

Неустойчивость задержек может быть связана с неопределенностью уровней срабатывания, неопределенностью времени установления колебаний в регенеративных каскадах, неопределенностью времени установления колебаний в генераторах, с применением супергетеродинных схем в приемных устройствах и очень низкой промежуточной частоты. Как правило, в схемах, которым свойственны большие задержки, имеют место и большие неустойчивости, связанные с непостоянством питающих напряжений, изменением метеорологических параметров и др.

Кроме этих причин, изменение задержки вызывается старением и износом радиоламп, резисторов, конденсаторов и других элементов, составляющих схемы компенсации, схемы релаксационных генераторов, блоков и устройств, обеспечивающих стабильность задержки. Стабильность задержки может быть нарушена во время ремонта указанных схем, при замене отказавших элементов элементами, имеющими другие номинальные характеристики.

Все эти причины приводят к ухудшению метрологических характеристик системы радиозондирования. В исправных системах общая погрешность в измерении дальности составляет: для системы «Малахит» — $A-22 \pm 50$ м на удалениях до 100 км и ± 75 м на удалениях до 150 км; для системы «Метеорит» — РКЗ (А-28) на удалениях до 150 км точность измерения не хуже 40 м.

Из сказанного видно, насколько важно при замене в РМС, РЗ, ПО отказавших резисторов, конденсаторов, радиоламп и других деталей следить за соответствием электрических характеристик и режима работы устанавливаемых элементов указанным в технической документации.

1.4.5. Погрешности вносимые кинематическими схемами

В РМС много механических узлов, выходные параметры которых зависят от линейных размеров их элементов, чистоты и состояния смазки трущихся частей. Эти узлы по конструкции и назначению различны.

Колебания температуры внутри блоков РМС в процессе ее эксплуатации считаются нормальными, если они находятся в пределах $10 \div +80^\circ\text{C}$. В отдельных случаях они могут быть значительно больше. Высокая температура отрицательно влияет на все элементы конструкции РМС, изменяет их параметры. Циклическое изменение температуры от положительной к отрицательной и обратно для некоторых узлов является даже опасным. Защитить РМС от перегрева полностью не удастся. Поэтому наравне с применением охлаждения аппаратуры с особой тщательностью при разработке станции выбирают материалы и конструкцию узлов (блоков).

Температура, влажность и пыль изменяют свойства масел и смазок. С течением времени они загустевают, становятся чрезмерно вязкими. Увеличивается трение в подшипниках, шестернях, цапфах. Начинается истирание торцов осей, зубьев шестерен, подшипников и т. д. Появляются зазоры и люфты. Увеличивающиеся силы трения затрудняют работу кинематических схем.

Увеличение линейных размеров элементов конструкции, износ трущихся частей и изменение свойств смазки приводит к тому, что в показания тахометров, стрелочных индикаторов и регистрирующих устройств вносится случайная погрешность. Так как степень загустения смазки, величину износа деталей и перепады температуры внутри блоков РМС на каждый день эксплуатации учесть практически невозможно, случайная погрешность измерений от наблюдения к наблюдению будет иметь различные значения. Этому способствует различная чувствительность отдельных элементов РМС даже к незначительным перепадам температур.

Рассмотрим два примера, подтверждающие сказанное.

1. Обычная высокочастотная катушка индуктивности с проводниками из посеребренного провода обладает температурным коэффициентом индуктивности (ТКИ), равным $(20 \pm 10) \times 10^{-6} (^\circ\text{C})^{-1}$. Если в ней применен сердечник из магнитодиэлектрика, то ТКИ может быть порядка $(100 \div 200) \cdot 10^{-6} (^\circ\text{C})^{-1}$. Катушки с ферритовыми сердечниками будут иметь ТКИ в пределах $(100 \div 5000) \cdot 10^{-6} (^\circ\text{C})^{-1}$. Таким образом, пределы изменения индуктивности катушек существенно зависят от температуры внутри блоков.

2. Рассмотрим влияние температуры на работу двух стальных шестерен диаметром 40 и 60 см, установленных на алюминиевой плате (базовой детали). Температурный коэффициент линейного расширения алюминия равен $24 \cdot 10^{-6}$, а стали 12×10^{-6} . Если температура воздуха, окружающего базовую деталь, изменится, например, с 20 до 120°C , то расстояние между осями шестерен изменится на 0,12 мм. Суммарный радиус двух шестерен возрастает на 0,06 мм. В результате нагрева зазор между шестернями увеличится на 0,06 мм. Технологический зазор в шестернях допускается не менее 0,025 мм. Следовательно, общий зазор увеличится до 0,085 мм. При таком зазоре появляются незаметные на глаз рывки (проскальзывания) во вращении оси ведомой шестерни и ускоряется ее износ.

В случае охлаждения базовой детали, например, до -60°C зазор между шестернями уменьшится до 0,001 мм. При таком зазоре произойдет заклинивание шестерен и их поломка или выйдет из строя двигатель. С понижением температуры до возможного заклинивания шестерен вращение оси ведомой шестерни будет соответственно замедляться, внося погрешность в измерения тех или иных параметров.

Увеличение размеров материалов будет тем больше, чем больше их линейные размеры и температурный коэффициент линейного расширения, и наоборот.

В зависимости от условий размещения РМС (подвижная или стационарная, в тропических или полярных районах) требуется охлаждение или подогрев станции. Применяют как естественное, так и принудительное охлаждение. Эффективность естественного воздушного охлаждения будет тем значительнее, чем больше разность между температурой корпуса РМС и температурой окружающей среды и чем больше поверхность корпуса станции. Эффективность принудительного воздушного охлаждения будет тем больше, чем ниже температура подаваемого в блоки РМС воздуха (сквозной продув) и чем больше его скорость. Оптимальные объем и скорость воздушного потока обеспечиваются наличием жалюзей и вентиляционных отверстий, а также определенной мощностью вентиляторов и системой вентиляции. Систему вентиляции рассчитывают при конструировании РМС по мощности рассеивания (рис. 1.4.13).

Для повышения низких температур внутри прицепов подвижных РМС используют калориферы и включение под напряжение станции на время не менее 30 мин. Только после этого ее метрологические характеристики будут соответствовать паспортным данным.

Наиболее благоприятными температурными условиями являются условия в аппаратных помещениях стационарных зданий аэрологических станций.

Поддержание заданного температурного режима в РМС, своевременное выполнение профилактических работ (замена смазки, удаление пыли и грязи в кинематических схемах) повышает надежность и долговечность РМС, сохраняет паспортные точности измерений.

В РМС «Малахит» индикация угловых координат, занимаемых антенной в момент пеленга, осуществляется с помощью сельсинных передач грубого и точного отсчетов. Наведение антенны на РЗ (ПО) производится вручную с помощью приводов

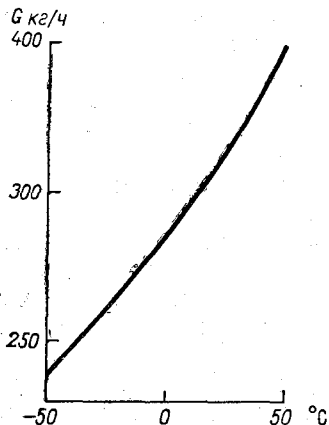


Рис. 1.4.13. Необходимый расход охлаждающего воздуха для рассеивания 1 кВт мощности.

антенны. Если кинематическая схема исправна и температурный режим соответствует пределам, установленным технической документацией, то средняя квадратическая погрешность отсчета угловых координат по шкалам точного отсчета составляет $0,1^\circ$, а по шкалам грубого отсчета примерно $0,5^\circ$.

Значительно сложнее кинематические схемы в РМС «Метеор», «Метеорит» и «Метеорит-2». В указанных станциях имеются четыре кинематические схемы, обеспечивающие работу блока управления по дальности, регистратора, блока управления антенной и антенной колонки. Они осуществляют передачу угловых координат положения антенны и результатов измерения наклонной дальности на регистрирующее устройство РМС в момент пеленга РЗ (РП), регистрацию сферической и телеметрической информации, а также управление антенной при ручном сопровождении РЗ (РП). При автоматическом сопровождении кинематическая связь антенны со штурвалами управления разрывается.

Кинематические схемы в зависимости от назначения блока могут иметь двигатели, сельсины (индикаторные, регистрирующие, специальные), шкалы датчиков грубого и точного отсчета угловых координат и дальности, электромагниты, тахогенераторы, фазовращатели, шайбовые ограничители, концевые выключатели, реечные дифференциальные механизмы, десятичные счетчики, электромагнитные муфты, оси, шестерни с прямой, конусной и червячной передачами (в РМС их более 270) и другие детали.

Число оборотов двигателей, цена оборота сельсинов и цена деления фиксирующих шкал зависят от назначения элементов в данной кинематической схеме и могут быть различными даже для одного типа прибора. Это связано с заданными режимами работы тех или иных узлов кинематических схем и точностью отсчетов.

Для примера рассмотрим работу реечного дифференциального механизма и условия, обеспечивающие точность его срабатывания.

Механизм набора метеоданных состоит из трех реечных дифференциальных механизмов: тысяч, сотен и последовательно соединенных между собой десятков и единиц. В задачу механизмов входит преобразование электрических импульсов, поступающих со входных тиратронов счетчика импульсов, в механические (углы поворота соответствующих шкал и печатающих механизмов).

Импульсы, выдаваемые тиратронами, перемещают на 2,3 мм сердечники электромагнитов, связанные с рейками.

Отношения расстояний перемещения реек «в декадах» единиц, десятков и сотен выбраны равными соответственно 1, 2, 4 и 2, в группе тысяч — 1/2. Перемещение реек соответственно вызовет увеличение показаний шкал в группе тысяч от 0 до 3 единиц, в декаде сотен — от 0 до 9 единиц. В декаде десятков шкала повернется на 36° , в декаде единиц — на $3,6^\circ$.

Диск декады десятков приводится во вращение с постоянной скоростью 40 об/мин двигателем ДАТ6/4=5/400; диск декады единиц вращается этим же двигателем с постоянной скоростью 400 об/мин.

В наборном механизме печати метеоданных барабан со спиральным витком также получает вращение от указанного двигателя с постоянной скоростью 40 об/мин. Начальное положение наборного механизма такое, что при одновременном замыкании контактов десятков и единиц и при обесточенных электромагнитах сотен и тысяч, против ударного молотка печатающего устройства должна находиться нулевая образующая спирального витка барабана.

При наборе определенного числа срабатывают соответствующие электромагниты. Поводок десятков повернется относительно начального положения на угол

$$\varphi_1 = \left(m_1 + \frac{m_2}{10} \right) \cdot 36^\circ, \quad (1.4.14)$$

где m_1 — целое число единиц выходного вала десятков; m_2 — число единиц выходного вала единиц.

Поводок контактной группы единиц повернется при этом на угол $\varphi_2 = m_2 \cdot 36^\circ$ и замкнет контакт десятков. В этот момент

против ударного молотка будет находиться точка, отстающая от предыдущего значения по образующей спирального витка на расстояние

$$l_1 = \frac{l\varphi_1}{360^\circ}, \quad (1.4.15)$$

где l — длина барабана в миллиметрах.

Так как длина барабана равна 100 мм, то

$$\begin{aligned} l_1 &= \frac{100\varphi_1}{360} = \frac{\left(m_1 + \frac{1}{10}m_2\right) \cdot 36 \cdot 100}{360} = \\ &= (10m_1 + m_2) \text{ мм.} \end{aligned} \quad (1.4.16)$$

Наличие только одного замыкателя десятков привело бы к значительной величине погрешности печатания метеоданных из-за малой разрешающей способности замыкателя. Дополнительный замыкатель единиц повышает разрешающую способность механизма и точность печати метеоданных.

Входные тиратроны счетчика импульсов включаются после окончания счета импульсов радиозонда. В зависимости от итога счета некоторые тиратроны окажутся запертыми. Положение сердечников электромагнитов будет соответствовать итоговому состоянию счетчика. Электромагниты передают итог счета речным дифференциальным механизмам, а последние повернут на соответствующий угол шкалы индикаторов и спираль печатающего устройства.

Через 3 с после отпирания тиратрона сработает ударный электромагнит и отпечатаются значения тысяч и сотен. Через 0,25 с после отпирания тиратронов десятков и единиц произойдет отпечатывание значений этой декады.

Регистрация значений координат и времени производится один раз в 30 с.

Из сказанного следует, что точность срабатывания речных дифференциальных механизмов, точность печати и регистрации зависит от точности перемещения (на 2,3 мм) сердечников электромагнитов. В свою очередь она зависит от длительности, амплитуды и крутизны переднего фронта импульсов счета, выдаваемых входными тиратронами счетчика импульсов. Нетрудно видеть, что засорение зазоров между сердечником и обмоткой электромагнитов, изменение выходных характеристик тиратронов из-за снижения тока эмиссии или нарушения стабильности питающих напряжений, загрязнение или появление коррозии на трущихся металлических частях, высыхание смазки, резкие перепады температуры приведут к появлению значительных случайных погрешностей.

Блок регистрации, имеющий наиболее сложную кинематическую схему, чаще других подвержен отказам и нарушениям и требует более частых профилактических осмотров. Исправный блок обеспечивает регистрацию данных с точностью:

3,6' — по угловым координатам,
10 м — по дальности,
1 Гц — по частоте.

Исправное состояние кинематических схем блока управления по дальности, блока управления антенной и антенной колонки обеспечивает срединную погрешность измерения не хуже:

7,2' — по угловым координатам РЗ (РП),
40 м — по дальности РЗ (ПО),
25 м — по дальности УО.

Причины погрешностей, указанные для кинематической схемы блока регистрации, имеют место и в кинематических схемах других блоков. Вследствие увеличения сил трения возрастает время запаздывания в отработке механизмов управления антенной. Из-за износа трущихся частей и образования люфтов (или тенденции к заклиниванию при отрицательных температурах) появляются проскальзывания и рывки в работе антенны. Возрастает ее инерционность при поиске цели, что значительно ухудшает метрологические характеристики. Кроме того, возрастание тормозящих моментов в кинематических схемах отрицательно сказывается на работе двигателей и сельсинов и может привести к их отказу.

В целях поддержания паспортных точностей измерения и регистрации в процессе эксплуатации РМС производится регулярный надзор за техническим состоянием кинематических схем, выполнением профилактических осмотров и регламентных работ. Особое внимание должно быть обращено на чистоту элементов схемы и применение смазок, рекомендованных технической документацией.

1.4.6. Погрешности измерений за счет ошибок установки РМС

Завод-изготовитель гарантирует работу измерительных и регистрирующих устройств РМС с точностями, предусмотренными в технических условиях. Однако станция не обеспечит заданную точность измерения и регистрации сферической и телеметрической информации РЗ (РП), если после установки ее на позиции не будут выполнены следующие операции:

а) горизонтирование станции (подвижный вариант) или антенной колонки (стационарный вариант) по уровням;

б) проверка и настройка всех ее систем (выполнение пусконаладочных работ);

в) ориентирование относительно севера;

г) проверка установки и выставление при необходимости нуля шкал вертикального и горизонтального углов;

д) выставление нуля дальности;

е) согласование электрической и оптической осей антенны.

В РМС «Метеорит-2» кроме этого производят согласование оптической оси визира дистанционного пульта управления с электрической осью антенны.

Только после выполнения указанных мероприятий метрологические характеристики РМС будут соответствовать паспортным данным.

В процессе эксплуатации некоторые установочные факторы, оказывающие наиболее существенное влияние на выходные характеристики станции, изменяются. Поэтому они должны проверяться в следующие сроки:

— горизонтирование РМС «Малахит» и «Метеор» проверяется ежедневно; горизонтирование антенных колонок РМС «Метеорит» и «Метеорит-2» проверяют во время выполнения ежемесячных регламентных работ и в случаях, когда возникло сомнение в точности измерения вертикальных углов;

— согласование электрической и оптической осей антенны (параллельность осей) проверяют не реже двух раз в год и каждый раз после ремонта или замены элементов АФС;

— выставление нуля шкал азимута и угла места проверяют во время выполнения ежемесячных регламентных работ и каждый раз после ремонта или замены элементов системы передачи и регистрации, а также в случаях, если возникли сомнения в правильности измерения угловых координат;

— выставление нуля дальности проверяют во время проведения ежемесячных профилактических осмотров, каждый раз после ремонта системы измерения дальности и в случаях, если возникли сомнения в правильности измерения дальности;

— согласование оптической оси визира дистанционного пульта управления РМС «Метеорит-2» с электрической осью антенны проверяют перед каждым наблюдением, если при пусках радиозонда применяют дистанционный пульт, и один раз в месяц, если пультом не пользуются.

Для выполнения мероприятий, обеспечивающих проверку паспортных точностей измерения РМС, необходимы хорошо видимые местные предметы (миры), расположенные в районе станции. Мирой может служить столб, отдельное дерево, водонапорная башня, геодезическая вышка, громоотвод здания и т. д. Основные требования к миру — соизмеримость местных

предметов с толщиной нити визира и их способность давать хороший отраженный сигнал (импульс).

В направлении на выбранную миру не должно быть других предметов. В случае отсутствия подходящего предмета для использования в качестве миры устанавливают специальную мачту высотой 10—15 м.

После выбора миры определяют ее азимут с помощью аэрологического теодолита в пределах его точности, а также расстояние до миры от центра антенны РМС. Оно должно быть определено геодезическим методом с точностью не хуже ± 5 м.

Мирой для ориентирования РМС по азимуту и для выставления нуля шкал угла места может служить любой местный предмет, удаленный от станции на расстояние не менее 500 м и видимый в визир антенны. На мире должна быть легко обнаруживаемая характерная точка.

Ориентир для согласования электрической оси антенны с оптической осью визира дистанционного пульта управления должен быть удален от РМС не менее чем на 3 км. Если подобрать такой ориентир невозможно, выбирают два ориентира, расположенные ближе 3 км, но не ближе 50 м. При этом каждый из ориентиров должен располагаться в створе антенна — стойка пульта или как можно ближе к этому створу и иметь характерные точки, видимые в визир.

При выставлении нуля дальности вносится поправка на задержку принятого от РЗ (ПО) ответного сигнала. Время его прохождения по АФС и приемному каналу до индикатора дальности относительно начала зондирующего импульса составляет:

— для РМС «Малахит» 0,9—0,93 мкс (что соответствует расстоянию 130—140 м);

— для РМС «Метеор» («Метеорит») 0,47—0,6 мкс (70—90 м);

— для РМС «Метеорит-2» 1,0—1,33 мкс (150—200 м).

В измерение дальности вносится погрешность, величина которой зависит от особенностей АФС. Поправка на время задержки сигнала всегда имеет отрицательный знак.

Местный предмет для выставления нуля дальности по отраженному от него сигналу должен быть удален от станции не менее чем на 1500 м. При этом амплитуда отраженного сигнала должна быть достаточной для надежного захвата станцией по дальности. Чтобы исключить помехи от других вторичных отражателей, справа и слева от миры на удалении не менее 300 м не должно быть других предметов.

В отдельных случаях, если условия не позволяют выбрать нужную миру, выставление нуля дальности производят по РЗ (ПО), расположенному не ближе 600 м.

Местный предмет для проверки работоспособности РМС должен быть наиболее удаленным от станции. При этом отраженный сигнал, не достигая насыщения, должен обеспечить его автоматический захват по всем трем координатам.

Если есть возможность выбрать предмет, по своим данным позволяющий выполнять несколько операций, то проверку точностных характеристик РМС производят по одной мере.

Объем работ и последовательность выполнения мероприятий, выполняемых после установки РМС на позиции, предусматривают соответствующие наставления и техническая документация.

ЭКСПЛУАТАЦИЯ РАДИОЗОНДОВ, ИСТОЧНИКОВ ТОКА И УГОЛКОВЫХ ОТРАЖАТЕЛЕЙ

Часть вторая.

Глава 2.1.

РАДИОЗОНДЫ ТИПА А-22

2.1.1. Устройство радиозондов типа А-22

Механизм радиозонда состоит из автономных узлов давления 1, температуры 2, влажности 3, кодового барабана 4, микроэлектродвигателя 6. Общий вид радиозонда показан на рис. 2.1.1, блок-схема — на рис. 1.1.4.

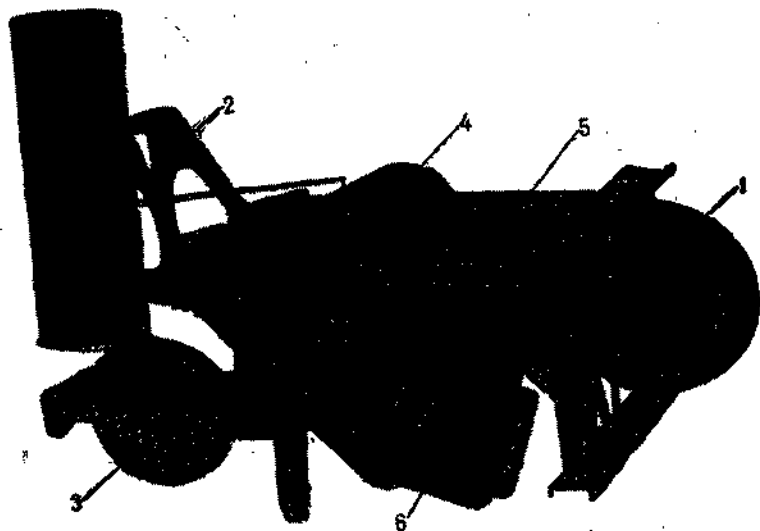


Рис. 2.1.1. Общий вид радиозонда А-22.

Кроме кодового барабана, все узлы закреплены на раме 5 с помощью винтов. Ось барабана своими конусными концами установлена в опорных гнездах, одно из которых имеет пружинку, обеспечивающую плотное и эластичное крепление оси. Чтобы кодовый барабан был электрически изолирован от рамы радиозонда, опорные гнезда снабжены текстолитовыми изоляторами.

Усилия, возникающие в датчиках при изменении давления, температуры и влажности, передаются на соответствующие стрелки с помощью кинематических схем (рис. 2.1.2—2.1.4). Соответственно этим усилиям электрические контакты между иглами стрелок и кодовой пластиной воспроизводят сигналы с помощью азбуки Морзе.

Цикл сигналов, соответствующий одному полному обороту кодового барабана, состоит из трех пар букв, обозначающих давление, влажность и температуру. Каждый цикл отделяется от следующего разделительным сигналом. Буквенные знаки фиксируются полуавтоматическим (ПР-4М) или автоматическим (ПР-16) регистратором в виде точек на диаграммной ленте (см. гл. 3.3).

Каркас кодового барабана (рис. 2.1.5) изготовлен из двух секторов 1, соединенных между собой осью 2 и противовесом 3. Ось барабана состоит из двух частей, соединенных изоляционной втулкой 4. На одном конце оси закреплена шестерня 5, служащая приводом вращения барабана. Концы оси заострены и укреплены в опорных конических гнездах на раме прибора. В продольный паз изоляционной втулки смонтирована контактная пластина разделительного сигнала 6, электрически соединенная с полуцилиндром кодовой пластины.

Рама радиозонда изготовлена из штампованных дюралюминиевых щек, соединительных уголков и планки и в целом представляет собой легкий и жесткий квадратный каркас, к которому крепятся все узлы радиозонда. К верхнему соединительному уголку прикреплена двойная пластиночная пружина, которая одним своим концом препятствует обратному вращению кодового барабана, другим периодически замыкает на корпус контактную пластину разделительного сигнала (при каждом обороте кодового барабана).

На раме радиозонда закреплена клеммная панель с гнездами для подключения манипуляционных проводов от радиопередатчика. Одно гнездо панели электрически соединено с рамой, другое — с кодовым барабаном и изолировано от рамы.

Микроэлектродвигатель МД-3 обеспечивает вращение кодового барабана с определенной скоростью. Он состоит из ротора с постоянным магнитом, двух пластмассовых подшипников, двух пакетов статорных пластин, катушки, редуктора. На крышке МД-3 с одной стороны закреплён токосъемник, с другой — две пружинящие щетки. На оси ротора находится специальный контакт, который поочередно касается одной из щеток.

Редуктор МД-3 состоит из однозаходного червяка, укрепленного на роторе, и оси. Ось имеет с одной стороны зубчатое

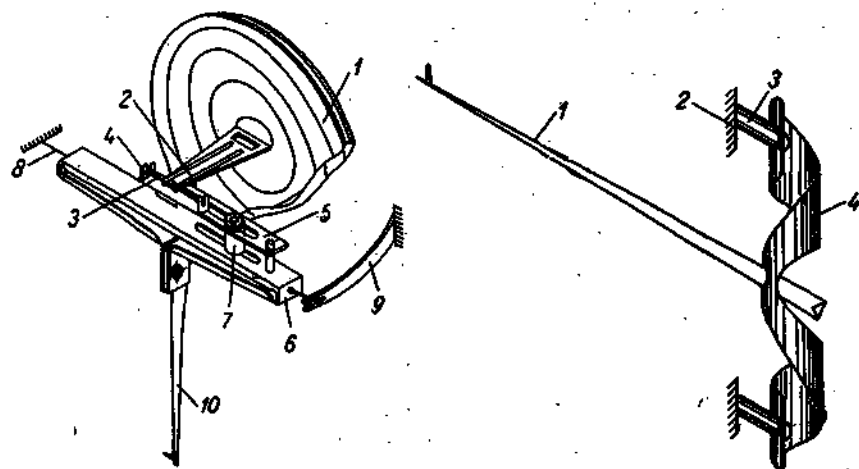


Рис. 2.1.2. Кинематическая схема узла давления.

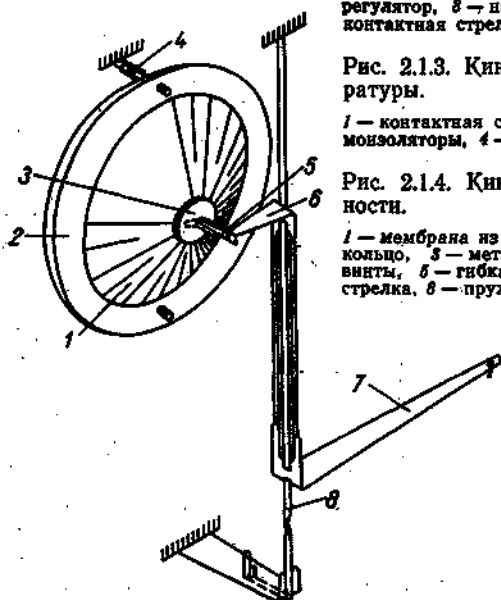
1 — барокоробка, 2 — пружинный кронштейн, 3 — гибкая металлическая лента, 4 — пружинная скоба, 5 — биметалл термокомпенсатора, 6 — скоба, 7 — зажим-регулятор, 8 — натянутая струна, 9 — пружина, 10 — контактная стрелка.

Рис. 2.1.3. Кинематическая схема узла температуры.

1 — контактная стрелка, 2 — жесткий каркас, 3 — термозоляторы, 4 — биметаллическая спираль.

Рис. 2.1.4. Кинематическая схема узла влажности.

1 — мембрана из животной пленки, 2 — металлическое кольцо, 3 — металлический диск, 4 — установочные винты, 5 — гибкая тяга, 6 — рычаг, 7 — контактная стрелка, 8 — пружинная лента.



колесо, входящее в сцепление с червячным винтом, а с противоположной стороны — второй червячный винт, входящий в сцепление с зубчатым колесом кодового барабана. Передаточное число механизма привода равно 660.

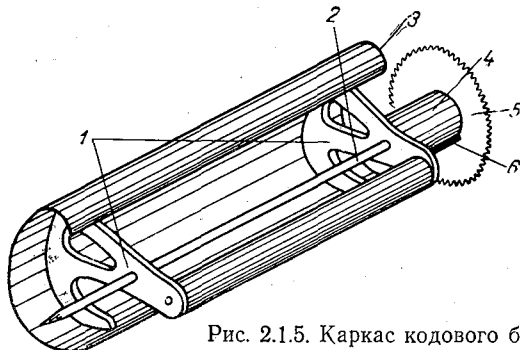


Рис. 2.1.5. Каркас кодового барабана.

Возникающие от искрения щеток радиопомехи уменьшаются с помощью катушки индуктивности.

Работает микроэлектродвигатель так (рис. 2.1.6). При отсутствии тока в обмотке катушки L постоянный магнит M ,

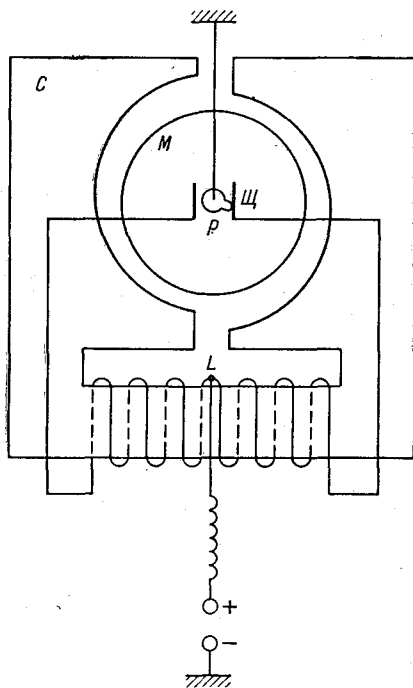


Рис. 2.1.6. Электрическая схема микроэлектродвигателя типа МД.

взаимодействуя с переменным зазором статора C , устанавливает ось ротора P в такое положение, при котором ее контакт приходит в соприкосновение с одной из щеток $Щ$. При включении напряжения ток пойдет через половину обмотки. Статор будет намагничиваться. Взаимодействие магнитных полей ротора и статора приведет во вращение ось ротора. В определенный момент, по мере поворота оси, контакт отойдет от щетки и электрическая цепь разорвется. Постоянный магнит ротора в этот момент займет такое положение, при котором силы взаимодействия постоянного магнита

Таблица 2.1.1

Основные характеристики микроэлектродвигателей
МД-3 и МД-6

Характеристика	Тип микроэлектродвигателя	
	МД-3	МД-6
Напряжение питания, В	$3,0 \pm 0,3$	$6,1 \pm 0,6$
Потребляемый ток, мА	≤ 90	≤ 60
Скорость вращения ротора на холостом ходу, об/мин	3500—4400	
Диапазон рабочих температур, °С	$+50 \div -75$	
Напряжение, определяющее начало вращения ротора, В	$\leq 2,0$	$\leq 4,0$
Коэффициент редукции	1:20	
Источники питания:		
накальные секции водозаливных батарей	3В 80-ПМХС-2ч	6,1В 200-ПМХС-2ч
утепленная сухая батарея типа	2,9-НМЦ-1,5ч	
Скорость вращения с механической нагрузкой, соответствующей увеличению потребления тока на 10 мА для МД-3 и на 5 мА для МД-6, и потребление тока при температуре окружающей среды $-72 \div -75^\circ\text{C}$ и напряжении питания:		
$3,0 \pm 0,3$ В	≥ 2700 об/мин ≤ 125 мА	
$2,0 \pm 0,15$ В	≥ 2000 об/мин ≤ 110 мА	
$6,0 \pm 0,6$ В		≥ 2700 об/мин ≤ 90 мА
$4,0 \pm 0,3$ В		≥ 2000 об/мин ≤ 80 мА
Продолжительность работы под нагрузкой, ч	5	5
Сроки периодических испытаний 50 шт. МД от партии 500—800 шт.	Один раз в год	
Основные браковочные признаки	Скорость вращения ротора, потребляемый ток, напряжение трогания с места	
Приемочное число по основным браковочным признакам, шт.	4	
Браковочное число по основным браковочным признакам, шт.	5	
Гарантийный срок хранения, месяцы	18 (но не более 5 ч работы после ввода в эксплуатацию)	
Габариты, мм	85×60×30	
Масса (с редуктором), г	80	

с переменным зазором статора повернут ось далее в том же направлении. Вследствие этого контакт, расположенный на оси двигателя, придет в соприкосновение со второй щеткой и статор снова намагнитится, но уже с противоположной полярностью. Снова произойдет взаимодействие магнитных полей ротора и статора и ось двигателя будет продолжать вращаться. Далее, когда контакт отойдет от второй щетки, вращающийся момент будет создаваться снова за счет взаимодействия постоянного магнита с переменным зазором статора, пока контакт не придет в соприкосновение с первой щеткой. После этого процесс будет повторяться.

Основные характеристики микроэлектродвигателей приведены в табл. 2.1.1.

2.1.2. Устройство передатчика-ответчика А-35-1П

Передачу метеоинформации и определение координат радиозонда производят с помощью передатчика-ответчика А-35-1П, который в комплексе с РМС «Малахит» обеспечивает темпера-



Рис. 2.1.7. Внешний вид радиоблока А-35-1П.

турно-ветровое зондирование атмосферы. Передатчик-ответчик А-35-1П используют и для ветровых наблюдений — в таких случаях его выпускают в полет без радиозонда. Конструктивно он оформлен в виде отдельного радиоблока (рис. 2.1.7), к которому придают антенну и источник питания.

А-35-1П собран по схеме параллельным питанием и индуктивной связью с антенной (рис. 2.1.8). В него входят два генератора: генератор СВЧ, создающий несущую частоту 216 МГц, и генератор частоты 400 кГц, создающий периодически затухающие синусоидальные колебания с периодом затухания 14 мкс. Последний необходим для обеспечения свержегенеративного режима генератора СВЧ. Оба генератора собраны на одной лампе.

В состав передатчика-ответчика входят: триод 2С3А; высокочастотный контур, настроенный на частоту $216 \pm 1,5$ МГц; два

высокочастотных дросселя $Dp1$ и $Dp2$; разделительный конденсатор $C2$; контур ударного возбуждения, настроенный на частоту 400 кГц и состоящий из индуктивности $L1$ и конденсатора $C1$; катушка обратной связи генератора 400 кГц $L2$; RC -цепь генератора, образованная сопротивлением $R1$ и конденсатором $C4$ (постоянная времени цепи RC равна примерно 14 мкс; $C4$ одновременно является разделительным конденсатором); конденсатор второй цепи манипуляции $C5$; блокировочный конденсатор

Рис. 2.1.8. Принципиальная электрическая схема передатчика-ответчика А-35-1П.

сатор $C3$; сопротивление $R2$, обеспечивающее длительность паузы после ответного сигнала более 6 мкс.

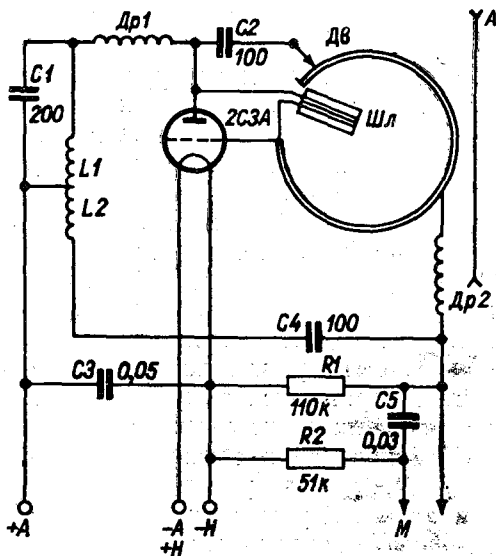
Несущую частоту можно плавно изменять настроечным движком $Dв$ в пределах ± 2 МГц.

Детали радиоблока в основном смонтированы на одной стороне платы из высокочастотного гетинакса; на другой стороне печатным способом нанесена монтажная схема и помещены два высокочастотных дросселя. Здесь же расположены катушка контура ударного возбуждения и движок реохорда. Плата вставляется в картонную коробку так, чтобы настроечный движок оказался против отверстия (окна) в стенке коробки.

Принцип действия передатчика-ответчика следующий. Прием от РМС «Малахит» направленный радиоимпульс запроса на частоте 216 МГц, ответчик излучает ответный ненаправленный импульс на этой же частоте. Таким образом, для определения координат РЗ (РП) использован способ вторичной радиолокации.

Работа передатчика-ответчика складывается из двух различных режимов.

1. Цепь манипуляции разомкнута контактной системой РЗ. Передатчик генерирует импульсы, обеспечивающие определение угловых координат. Одновременно при поступлении запросного импульса передатчик выдает ответный импульс,



позволяющий определить наклонную дальность (режим ответа).

2. Цепь манипуляции замкнута контактной системой РЗ. Передатчик генерирует импульсы, обеспечивающие определение угловых координат, и одновременно передает сигналы радиозонда (режим метеоинформации).

Кратко рассмотрим каждый из этих режимов. Сверхрегенеративный приемник, по схеме которого собран А-35-1П, обладает способностью принимать и излучать сигналы. Воздействие незначительного внешнего электромагнитного поля, образованного волнами, частота которых равна или близка частоте собственных колебаний контура, вызывает генерирование передатчиком-ответчиком ответных колебаний.

При режиме ответа, когда цепь манипуляции разомкнута, в момент отпирания лампы 2С3А на ее сетке возникает положительный полупериод синусоидального напряжения контура ударного возбуждения (см. рис. 1.4.11). Высокочастотный генератор возбуждается и выдает пакет импульсов на частоте 216 МГц длительностью 0,7—0,9 мкс. За указанное время амплитуда импульсов при заданном коэффициенте затухания контура не достигает своего максимального значения. Это происходит потому, что во время генерирования конденсатор C_4 быстро заряжается сеточным током лампы. Отрицательное напряжение на сетке лампы резко возрастает, лампа запирается и СВЧ колебания срываются, не достигнув максимальной амплитуды. В последующее время (примерно 14 мкс) лампа остается запертой убывающим по экспоненте отрицательным напряжением U_C разряда конденсатора.

Кроме напряжения U_C , на управляющую сетку лампы воздействует синусоидальное напряжение затухающих колебаний контура ударного возбуждения U_L с частотой 400 кГц. Параметры контура и сопротивления утечки подобраны так, что сумма напряжений $U_C + U_L$ в течение 7 мкс, оставшихся до очередного генерирования пачки импульсов, равна или меньше $2 \cdot 10^{-4}$ В. На это время передатчик-ответчик переходит в режим работы высокочувствительного сверхрегенеративного приемника.

Предположим, что в этот момент на антенну будет воздействовать запросный импульс частотой 216 МГц и длительностью 2 мкс от передатчика РМС «Малахит». Передатчик-ответчик откроется и выдаст ответный импульс, по времени совпадающий с запросным, при условии, если запросный импульс наведет в контуре напряжение не менее $2 \cdot 10^{-4}$ В. Амплитуда ответных импульсов вследствие резонанса частот может быть больше обычной на 10—20%.

После генерирования ответного импульса время «неспособности» ПО выдать очередной ответный импульс несколько увеличивается, так как конденсатору C_4 , получившему усиленный заряд, требуется больше времени для разряда через сопротивление R_1 .

Частота посылок запросных импульсов РМС равна 1070 Гц. В промежутках между запросами, пока разомкнута цепь манипуляции, ПО будет генерировать обычные, так называемые шумовые импульсы. Частота излучения этих импульсов нестабильна и находится в пределах 40—60 кГц.

Так как ПО обладает способностью отвечать только спустя 7 мкс после излучения шумового импульса, то на экране индикатора дальности РМС будет наблюдаться пауза не менее 6 мкс, что соответствует однокилометровому участку развертки блока индикатора.

На трехкилометровом участке развертки обычное генерирование ПО изображено в виде шумовой полосы. Ответные импульсы сконцентрированы в конце ее на участке развертки 300 м, образуя превышение над шумами 1,5—2,0 мм. Затем в излучении шумовых импульсов следует пауза.

Таким образом, ответный сигнал, наблюдаемый на экране индикатора дальности,— это сгусток импульсов, отличающихся от шумовых повышенной яркостью и некоторым превышением амплитуды, за которым следует пауза.

Такой вид ответного сигнала позволяет достаточно точно определять наклонную дальность путем измерения времени между началом излучения запросного импульса и началом приема ответного. Практически измерение этого времени сводится к совмещению основания переднего фронта сгустка ответных импульсов на точной развертке с электронным визиром индикатора дальности.

При замыкании цепи манипуляции (режим метеоинформации) ПО переходит в режим прерывистой генерации. В данном случае на управляющую сетку лампы 2С3А поступает дополнительное положительное напряжение с RC -цепи, образованной параллельно включенными сопротивлением R_1 и конденсатором C_5 . На сетке лампы оказывается постоянное смещение, несколько большее $2 \cdot 10^{-4}$ В. Передатчик-ответчик переходит в режим излучения широких шумовых импульсов длительностью 30—60 мкс и с частотой следования 300—600 Гц, которые и используются для слуховой или автоматической регистрации сигналов. При этом ПО теряет способность выдавать ответные сигналы при поступлении от РМС запросных импульсов, так как получаемое результирующее отрицательное напряжение на управляющей сетке лампы (более $2 \cdot 10^{-4}$ В) препятствует возбуждению ПО и он не выдает ответа (рис. 2.1.9).

Излучение электромагнитной энергии обеспечивается антенной, представляющей собой дюралевый полуволновой диполь длиной 600 ± 2 мм. Диполь вставляется на половину своей длины в специальные отверстия в коробке передатчика. При этом расстояние между контуром ПО и антенной будет фиксированным и равным 26—28 мм, что обеспечивает оптимальную индуктивную связь антенны с контуром.

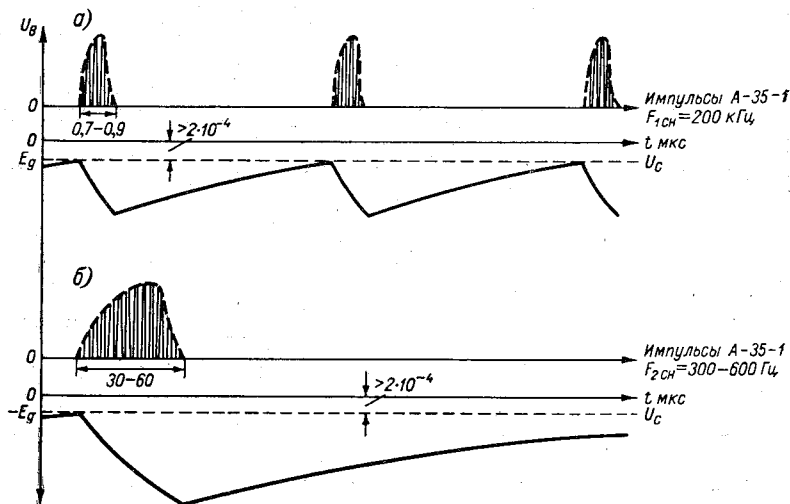


Рис. 2.1.9. Генерирование импульсов при замыкании цепи манипуляции передатчика-ответчика (режим метеоинформации).

а — при автоматической регистрации сигналов, б — при слуховом приеме.

Технические характеристики передатчика-ответчика следующие:

— излучаемая мощность в импульсе не менее 0,1 Вт, что гарантирует дальность действия более 100 км при высоте полета РЗ 25—30 км;

— анодный ток радиолампы в зависимости от режима работы ПО составляет 1—2 или 6—10 мА, ток накала $130 \text{ мА} \pm 10\%$;

— изменение несущей частоты ПО в полете под влиянием дестабилизирующих факторов не превышает +3 МГц; исходя из этого начальная частота настройки при работе с РМС выбирается равной 215,3—215,5 МГц;

— питание ПО осуществляется от источников тока напряжением 72—90 В для анодной цепи и 2,52—3,3 В для накальной цепи.

2.1.3. Проверка исправности радиозонда и подготовка его к выпуску

Каждый радиозонд на аэрологической станции должен быть подготовлен к выпуску. В предполетную подготовку входит проверка исправности механической и электрической частей радиозонда и поверка метрологических характеристик датчиков метеозадаментов после транспортировки и хранения. Она состоит из внешнего осмотра прибора и поверки его под током с использованием специального оборудования для контрольных поверок.

Оборудование для контрольной поверки узла давления состоит из барокамеры БК-0,07, манометра МБП, станда-движка ПО-17М, зуммера ПО-15 и ондулятора ПО-19.

В комплект оборудования для производства выдержек радиозонда входят аспирационный психрометр большой модели, барометр стационарный чашечный ртутный, гигрометр волосной, вентиляционная установка с патрубком ПО-14, вентилируемая будка А-51 и зуммер ПО-15.

Оборудование для настройки и поверки передатчиков-ответчиков включает в себя волномер ВСТ-1, прибор контроля передатчиков, ампервольтметр АВО-5М1, мегомметр М-1101, импульсный синхроскоп С1-5 и универсальный источник питания УИП-1.

Указанные приборы и оборудование являются табельным имуществом аэрологической станции. Его описание, порядок эксплуатации и ухода приведены в гл. 2.4.

Проверка механической части. Перед контрольной поверкой радиозонд подвергают тщательному осмотру для выявления механических повреждений, которые могут иметь место после транспортировки.

Радиозонд должен удовлетворять следующим требованиям.

1. Рама не должна иметь перекосов и деформаций.

2. Узлы метеозадаментов должны быть прочно закреплены на раме.

3. Ось бароузла должна находиться в опорах, не имеет осевых и радиальных люфтов. Стрелка узла давления своей тыльной стороной должна надежно прижиматься антилюфтовой пружиной к стержню барокоробок. Если стрелку рукой вывести из нормального положения, она снова должна возвратиться в исходное. Недопустимы резкие удары стрелки о стержень коробок.

4. В опорах кодового барабана не должно быть осевых и радиальных люфтов.

5. Рабочее поле кодового барабана не должно иметь трещин, отслоений, наплывов, пятен, царапин, особенно поперечных.

6. Стрелки метеорологических датчиков не должны иметь каких-либо повреждений. В любом положении стрелок относительно поля кодового барабана они должны касаться его поверхности только иглами.

7. При вращении кодового барабана иглы стрелок метеорологических датчиков должны скользить по дорожкам кодовой пластины без заеданий и скачков по всему полю (в момент соприкосновения, при прохождении кодового поля и сходе с него).

8. Микроэлектродвигатель должен вращать кодовый барабан равномерно, без скачков и заеданий. При работе двигателя не должно быть вибрации стрелок и корпуса радиозонда.

Проверка электрических цепей. Электрические цепи радиозонда должны иметь надежные контакты. Об исправном состоянии электрической цепи свидетельствует четкое, без дробления, звучание буквенных сигналов и сигнала разделительного тире.

Для проверки электрических цепей радиозонд устанавливают в барокамеру на стенд-движок ПО-17М и прослушивают его сигналы. При полном обороте кодового барабана должны четко следовать разделительный сигнал, затем сигналы давления, влажности и температуры (каждый по две буквы). Если кодовый барабан вращается со скоростью более 7 об/мин при напряжении 3 В или менее 3 об/мин при напряжении 2 В, а также если его вращение происходит рывками, неравномерно и при этом потребляемый микроэлектродвигателем ток резко меняется, превышая 130 мА, радиозонд бракуют.

Контрольная проверка узла давления осуществляется в барокамере БК-0,07. Шкала диска микрокрана БК-0,07 должна быть градуирована так, чтобы скорость разряжения в камере не превышала 4 мб/мин. Градуировку шкалы производят не реже одного раза в месяц. Весь процесс проверки происходит при положительной температуре. При этом давление в камере понижают от нормального (у земли) до 20 мбар. Поверку узла давления производят на стандартных уровнях атмосферного давления 700, 400, 100 и 50 мбар (с допустимым отклонением ± 15 мбар) и на уровнях 30 и 20 мбар (с допустимым отклонением ± 5 мбар).

Последовательность операций проверки следующая.

1. Массируют барокоробку, изменяя давление от нормального атмосферного (у земли) до 10 мбар и обратно.

2. Проверяют узел давления при атмосферном давлении у земли и на указанных выше стандартных уровнях. Значения давления на контролируемых уровнях определяют по манометру МБП.

3. Обрабатывают результаты проверки. Если по данным

контрольной поверки узла давления величина вариации на всех поверяемых уровнях не превышает трех дорожек, а алгебраическая разность между максимальным и минимальным значениями из всех вариаций не более одной дорожки, РЗ А-22-IV считается годным. РЗ А-22-VII признается годным в том случае, если алгебраическая разность не превышает одной дорожки для уровней от атмосферного давления у земли до 100 мбар и 0,5 дорожки для уровней 100, 50, 30 и 20 мбар.

Радиозонды, годные к выпуску по данным контрольной поверки узла давления, подвергают контрольной выдержке в помещении.

Контрольную выдержку в помещении выполняют после того, как РЗ полностью собран: прибор установлен в кожух, ножки закреплены фигурной скобой, крышка закрыта и закреплена отрезками нитей.

Установив радиозонд на патрубок ПО-14 вентиляционной установки, вентилятором производят десятиминутный обдув шахты прибора. После обработки сигналов сравнивают его показания по температуре и влажности с показаниями контрольных приборов аэрологической станции.

Если по данным контрольной выдержки вариации не превышают шести дорожек по температуре и десяти дорожек по влажности, радиозонд считают годным.

Срок годности контрольной поверки узла влажности и контрольной выдержки в помещении узлов температуры и влажности пять суток.

После изготовления каждый радиозонд поверяется на заводе с целью определения его метрологических характеристик. Результаты поверки оформляются в виде поверочных сертификатов по давлению, температуре и влажности, которые служат паспортом прибора и вместе с ним направляются потребителю.

Подготовка передатчиков-ответчиков А-35-1П к выпуску заключается в выполнении следующих операций: 1) внешний осмотр радиоблоков, 2) подготовка и проверка источников питания, 3) сборка передатчика-ответчика, 4) настройка и проверка передатчика-ответчика.

При внешнем осмотре радиоблоков обращают внимание на качество паяк, отсутствие обрывов в соединительных проводах и плотность прилегания настроечного ползунка к высокочастотному контуру. Если поверхность контура окислилась, участок, по которому скользит ползунок, очищают чернильной резинкой до блеска и ползунок несколько раз передвигают из одного крайнего положения в другое. При слабом контакте ползунок следует подогнуть.

Проверяют крепление навесных элементов передатчика-ответчика, расположенных на плате из высокочастотного

гетинакса. Лампа 2С3А должна быть прочно приклеена к плате. Особое внимание обращают на надежность крепления катушки контура ударного возбуждения к плате, на отсутствие обрывов выводов катушки и надежность пайки выводов к печатному монтажу радиоблока.

Манипуляционная вилка передатчика-ответчика должна плотно входить в гнезда колодки радиозонда. При отсутствии контакта или его ненадежности лепестки гнезд поджимают пинцетом. Оголенные концы манипулятивных проводов, проводов питания и штырьки вилки радиозонда должны быть зачищены до блеска.

Подготовка источников тока для питания радиозонда проводится в соответствии с рекомендациями, изложенными в гл. 2.3.

Сборка, настройка и проверка передатчика-ответчика выполняется в следующей последовательности. Антенну вставляют в отверстия коробки так, чтобы выведенные концы ее были примерно одинаковыми. Подготовленную батарею вкладывают в отсек питания радиозонда и производят необходимые подключения. Затем включают передатчик.

Всестороннюю проверку ПО производят с помощью волномера ВСТ-1, импульсного синхроскопа С1-5 или осциллографа С1-3, генераторов сигналов Г4-1А и Г4-8, ампервольтметра АВО-5М1, стабилизированного источника питания для анодных и накальных цепей. Перечисленные приборы позволяют проверить:

- 1) точность настройки на несущую частоту;
- 2) наличие ответного сигнала при разомкнутых проводах цепи манипуляции и его форму, а также наличие и форму паузы, следующей за ответным сигналом. ПО считается годным, если ответный сигнал на экране С1-5 виден в виде сгустка импульсов, после которого следует пауза шириной не менее двух сгустков импульсов. Превышение сгустка импульсов над шумовым излучением не нормируется;
- 3) частоту следования импульсов при замыкании цепи манипуляции (должна быть в пределах 300—600 Гц);
- 4) величину анодного тока в режимах «ответ» и «300—600 Гц» (не должна превышать соответственно 2 и 10 мА);
- 5) величину накального тока (130 мА).

На аэрологических станциях производят только частичную проверку ПО по несущей частоте, наличию звуковых сигналов манипуляции и величине анодного тока.

После проверки ПО вилку манипуляции подключают к РЗ и проверяют качество работы МД-3 и наличие сигналов манипуляции.

Рабочая частота ПО, устанавливаемая по волномеру, должна находиться в пределах $215,5 \pm 0,2$ МГц.

Если передатчик настроен и работает с радиозондом нормально, дальнейшую проверку работы радиозонда производят при включенной РМС «Малахит». При этом антенную систему станции направляют на работающий радиозонд и пеленгуют его по угловым координатам. По форме сигналов на экране индикатора угловых координат убеждаются в наличии импульсов сигналов нажатия и ответа, а по экрану индикатора дальности — в наличии суперперирующей частоты ответчика.

Проверенный с помощью РМС радиозонд сначала помещают в вентилируемую будку А-51 для выдержки на воздухе, а затем выпускают в полет.

2.1.4. Неисправности радиозондов типа А-22 и их устранение

Завод изготавливает приборы партиями и предъявляет их ОТК для проверки. Контроль качества ОТК производит выборочным способом, выбирая радиозонды для поверки методом случайного отбора. Количество поверяемых приборов зависит от размера партии.

Во время приемки партий радиозондов ОТК руководствуется следующими браковочными признаками.

1. Основные браковочные признаки — точностные характеристики, скорость вращения кодового барабана и потребляемый микроэлектродвигателем ток.

Отклонение точек от градуировочной кривой давления (без учета знака) должно быть не более 1 мбар. При этом две точки, не расположенные одна за другой, могут отклоняться на величину, превышающую допустимую, кроме точек, соответствующих уровням 1050, 950, 50 и 10 мбар. Для РЗ А-22-VII в диапазоне давлений от 100 до 5 мбар строится дополнительная кривая. Отклонение точек на этой градуировочной кривой в указанном диапазоне не должно превышать 0,5 мбар. Отклонение точек от градуировочных кривых датчиков температуры и влажности не должно превышать 0,3°C по температуре и 3% по относительной влажности воздуха.

Скорость вращения кодового барабана при положительной температуре и напряжении 3 В должна быть в пределах 5—7 об/мин, при напряжении 2 В — 3,3 об/мин. При этом потребляемый МД-3 ток не должен превышать 110 мА.

2. Второстепенные браковочные признаки — положение стрелок относительно кодового барабана, контактное давление, люфт барабана.

При любом положении стрелок относительно кодового барабана они должны касаться поверхности контактного поля только иглами. Стрелки не должны отводиться в сторону из-за

перекоса кодовой пластины относительно оси кодового барабана более чем на 1,25 мм. Допускаются нечеткие сигналы РЗ, но их должно быть не более 2%.

Контактное давление стрелок на поверхность кодового барабана должно быть в пределах 5—12 г, а давление пружины разделительного сигнала — не менее 15 г.

Ось кодового барабана не должна иметь осевых и радиальных люфтов.

3. Случайные дефекты, устанавливаемые в процессе контроля, несоответствия чертежам и техническим условиям, не влияющие на точностные характеристики прибора, но ухудшающие его внешний вид.

Партия радиозондов, предъявленная для контроля, считается принятой, если из взятой выборки число дефектных приборов по основным и второстепенным браковочным признакам, а также случайным дефектам меньше или равно приемочному числу.

На аэрологических станциях, как правило, каждый радиозонд поверяется при подготовке к выпуску.

Забракованные радиозонды в зависимости от характера неисправностей могут быть возвращены заводу или отремонтированы в УГМС. Радиозонды, у которых отклонение точек метеозаписей от тарировочной кривой больше предусмотренного техническими условиями, подлежат возврату на завод с предъявлением рекламационного акта.

Непосредственно на аэрологических станциях устраняют дефекты, связанные с увеличением трения во вращающихся сочленениях и узлах радиозонда, загрязнением кодовой пластины, игл стрелок метеодатчиков, контактной системы разделительного сигнала, обрывом в цепях передатчика-ответчика и отказом его радиолампы. При этом контактные и вращающиеся сочленения очищают мягкой щеточкой (кисточкой), смоченной в очищенном керосине, и насухо протирают плотной тканью, не оставляющей ворса; обрывы в цепях передатчика-ответчика устраняют пайкой, а нарушения в соединительных вилках — поджатием клемм; при замене лампы 2С3А во избежание сколов и трещин на ее ножке пайку луженых выводов электродов производят не ближе 5 мм от ножки.

В бюро поверки УГМС производят замену микроэлектродвигателей, кодовых барабанов, струнных осей кривошипа узла давления, устраняют смещение барокоробок.

Основные неисправности радиозондов и способы их устранения приведены в табл. 2.1.2.

Таблица 2.1.2

Основные неисправности радиозондов и способы их устранения

Признаки неисправности	Причины неисправности	Способы отыскания и устранения неисправности
1. Разделительный сигнал разорван на две или несколько частей	Нарушение контакта между пластинкой разделительного сигнала и контактной пружиной	Пластинку разделительного сигнала тщательно, до блеска зачистить наждачной бумагой «00», нафилем или острым ножом
2. Дробятся сигналы метеоэлементов	Загрязнено контактное поле кодового барабана или заглушены острия игл стрелок метеодатчиков	1) Рабочее поле кодового барабана тщательно промыть керосином с помощью жесткой зубной щетки и протереть мягкой чистой тряпочкой без ворса 2) Нафилем заострить иглы стрелок метеодатчиков и протереть их мягкой щеткой, смоченной в керосине
3. Кодовый барабан вращается рывками, с шумом	Загрязнены оси барабана или гнезда осей в раме	Мялкой щеткой, смоченной в керосине, протереть оси и гнезда
4. Потребляемый микроэлектродвигателем ток превышает 130 мА и резко меняется	а) Чрезмерно зажаты ось кодового барабана или ротор МД б) Велико трение между коллектором МД и щетками в) Чрезмерно зажаты червячные сочленения	а) Изменить нажим пружинного подшпика на ось кодового барабана или пружинного упора (внешнего и внутреннего) на ротор МД б) Изменить силу прижатия щеток (лестиков) на коллекторе МД в) Изменить величину люфта в червячных сочленениях путем легкого отгибания в ту или иную сторону кронштейнов, на которых крепится ось с червяком и шестерней
	г) Неисправен МД	г) Заменить микроэлектродвигатель на новый

Признаки неисправности	Причины неисправности	Способы отыскания и устранения неисправности
5. Ротор МД вращается неравномерно, колебания тока незначительны	Загрязнены червячные передачи и шестерни	Смазать керосином вращающиеся сочленения РЗ и заостренные концы оси кодового барабана
6. Волномер ВСТ-1 не удается настроить на несущую частоту А-36-1П	а) Отсутствует питание лампы ПО 2С3А б) Нарушен контакт ползунка с реохордом в) Неисправна лампа 2С3А	а) Проверить надежность контактов в накальной и анодных цепях лампы б) Прочистить контактную поверхность ползунка и реохорда; улучшить контакт поджатием ползунка к реохорду в) Заменить лампу
7. На экране осциллографа С1-20 видны несколько (более трех) ответных импульсов («многопаузность») ¹	а) Изменились оптимальные условия связи антенны с реохордом от ветчика б) Мало анодное напряжение батареи	а) Проверить правильность установки ПО в отсеке для передатчика и антенны в гнездах б) Подформовать водозаливную батарею или заменить ее; сухую батарею заменить

¹ Иногда «многопаузность» у ПО А-36-1П (А-36-2П) удается устранить подбором номинала резистора R2 в пределах 51—30 кОм. При этом чем больше число пауз после ответного импульса у ПО, тем меньше должна быть величина резистора. Связь с антенной в этом случае не меняют.

Глава 2.2.

РАДИОЗОНДЫ ТИПА РКЗ

2.2.1. Общие сведения

На аэрологической сети применяют несколько типов радиозондов комплексного зондирования: РКЗ-2, РКЗ-3, РКЗ-5, актинометрический радиозонд АРЗ, прецизионный телеизмеритель температуры ПТТ.

Радиозонды РКЗ-2 и РКЗ-5 используются для оперативного температурно-ветрового зондирования атмосферы; РКЗ-3 и ПТТ являются высокоточными (образцовыми) измерителями температуры и применяются в научно-исследовательских целях; АРЗ обеспечивает измерение баланса длинноволновой радиации ночью в тропосфере и нижней стратосфере и выполняет функции оперативных радиозондов.

Информация, посылаемая радиозондом, принимается и регистрируется с помощью радиолокационных метеорологических станций типа «Метеор» («Метеорит», «Метеорит-2»).

Радиозонд представляет собой аэрологический прибор, состоящий из измерительного генератора, модулятора, передатчика СВЧ, коммутирующего устройства, датчиков метеоэлементов, опорного высокостабильного сопротивления, источника питания (см. рис. 1.1.4).

Сведения о температуре воздуха, влажности и других метеоэлементах передаются автоматически в виде кодированных радиоимпульсов. Излучение передатчика СВЧ используется для сопровождения по угловым координатам. Измерение наклонной дальности и автоматическое сопровождение по дальности осуществляется по ответным радиосигналам, которые радиозонд излучает при получении запросного импульса РМС.

Датчики метеоэлементов и опорной частоты поочередно подключаются к измерительному генератору с помощью коммутирующего устройства. Им может быть либо баропереклюатель (РКЗ-2, РКЗ-3, ПТТ, АРЗ), либо ламельный переключатель с микроэлектродвигателем (РКЗ-5).

В качестве чувствительного элемента температуры в радиозондах типа РКЗ применен терморезистор, а чувствительным элементом влажности, как и у радиозонда А-22, служит органическая пленка (см. рис. 1.2.2). В состав датчика влажности, кроме чувствительного элемента, входит сопротивление (реостат). И терморезистор, и реостат датчика влажности подключаются к сеточной цепи измерительного генератора. В радиозондах РКЗ принята число-импульсная система кодирования.

Измерительный генератор управляет работой передатчика СВЧ, несущая частота которого находится в диапазоне частот РМС. Отрицательные импульсы напряжений, поступающие от

измерительного генератора на сетку лампы передатчика СВЧ, прерывают на короткие промежутки времени (50—300 мкс у РКЗ-2 и более 200 мкс, но менее 0,5 периода, у РКЗ-5) генерацию передатчика, образуя паузы в излучении (рис. 2.2.1). По частоте пауз в излучении передатчика РЗ, регистрируемых РМС, можно судить о температуре или влажности воздуха.

На частоту импульсов напряжения, вырабатываемых измерительным генератором, влияет также изменение напряжения

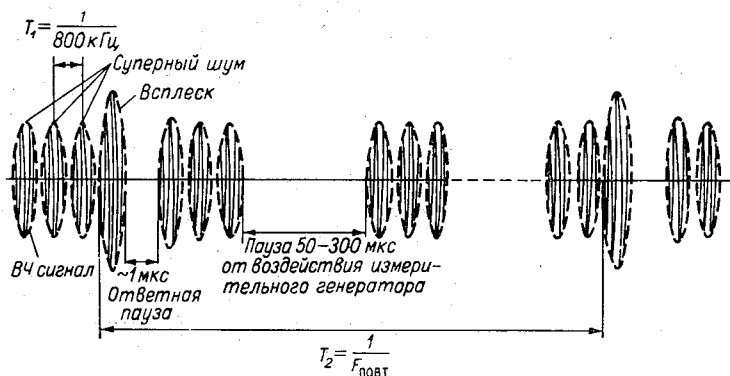


Рис. 2.2.1. Форма сигналов радиозонда РКЗ-2.

источников питания, температура деталей генератора, внешней среды и другие дестабилизирующие факторы. Не исключить их — значит внести большую погрешность в измерения метеоэлементов. Поэтому в схему измерительного генератора периодически включается датчик опорной (эталонной) частоты, сопротивление которого практически не зависит от температуры внешнего воздуха. Следовательно, изменения опорной частоты будут обусловлены только такими факторами, как изменение напряжения батареи, нагрев деталей РЗ выделяемым батареей теплом и др.

Для исключения влияния этих факторов на точность измерений температуру и влажность определяют по отношению частоты метеоэлемента к опорной частоте. В этом случае будет допущена меньшая погрешность, чем при определении по абсолютному значению частоты повторения импульсов.

Передатчик СВЧ, кроме измерительного генератора, дополнительно управляется специальным модулятором. Он представляет собой генератор синусоидальных колебаний с частотой 800 кГц. Модулятор обеспечивает сверхрегенеративный режим работы передатчика. В результате воздействия частоты модулятора на несущую частоту передатчик СВЧ начинает излучать прерывистые колебания (суперный шум) с частотой

повторения 800 кГц. В указанном режиме генератор СВЧ не только обеспечивает передачу сведений о значениях метеоза-
метов и опорной частоты, но и становится способным отвечать
на запросные импульсы РМС.

Под влиянием запросного импульса амплитуда суперного
шума у радиозонда несколько увеличивается относительно

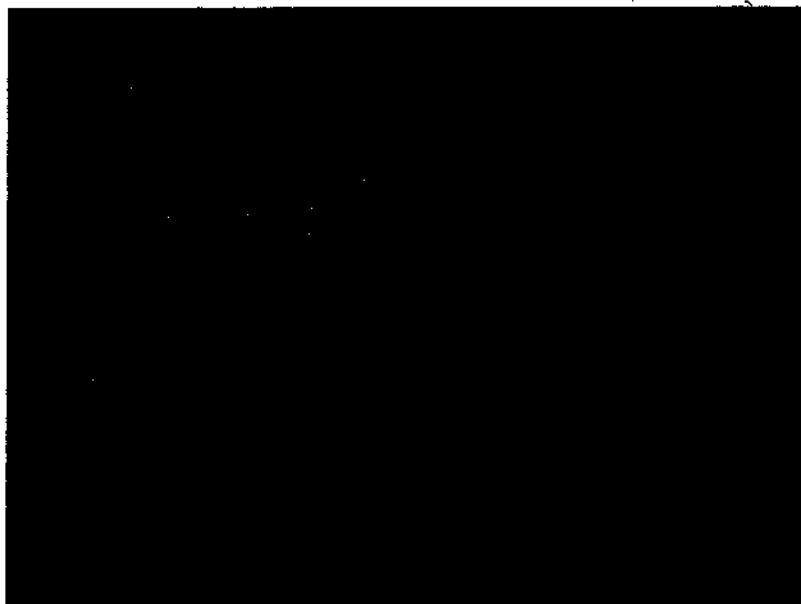


Рис. 2.2.2. Внешний вид радиозондов РКЗ-2 и РКЗ-5.

среднего уровня этого шума и затем суперный шум прекраща-
ется на время около 1 мкс, образуется пауза. По времени за-
паздывания ответного сигнала РЗ относительно времени по-
сылки запросного импульса РМС определяют наклонную даль-
ность.

Атмосферное давление на различных высотах подъема РЗ
определяют по барометрической формуле, используя для этого вы-
численную по результатам траекторных измерений РМС высоту
подъема РЗ, измеренную прибором на соответствующих высо-
тах температуру и результаты измерений наземного давления.

Скорость и направление ветра на высотах определяют по
текущим координатам и времени полета радиозонда.

Сетевые радиозонды РКЗ-2 и РКЗ-5 (рис. 2.2.2) использу-
ются для оперативного зондирования атмосферы. Нормальными

условиями эксплуатации радиозондов являются такие атмосферные условия, когда изменение температуры воздуха происходит в диапазоне от 50 до -90°C , относительной влажности — от 5 до 100%, атмосферного давления — от 5 до 1060 мбар, при ветре переменного направления со скоростью до 100 м/с, наличии осадков (дождь, снег) и воздействии солнечной радиации. При этом номинальные напряжения в цепях питания радиозонда составляют: в анодной цепи 195 ± 2 В, в первой накальной цепи $2,4 \pm 0,05$ В, во второй накальной цепи $6 \pm 0,1$ В, а потребляемые токи в этих цепях не превышают соответственно 25, 270 и 290 мА. У РКЗ-5 ток в цепи коммутатора не должен превышать 90 мА.

Анодный ток, потребляемый нормально работающим генератором 6С21Д, не превышает 15 мА, а общий ток модулятора и измерительного генератора не более 10 мА.

Радиоблок в течение 120 мин обеспечивает работу радиозонда с заданными точностями измерения метеоэлементов даже в тех случаях, когда напряжения источника тока плавно меняются в пределах $195 \text{ В} \pm 8,5\%$; $2,4 \text{ В} \pm 10\%$; $6,1 \text{ В} \pm 10\%$.

Средняя квадратическая погрешность измерения температуры не превышает $0,7^{\circ}\text{C}$, относительной влажности воздуха при положительной температуре не более 7% для РКЗ-2 и 5% для РКЗ-5.

Перерывы в передаче сигналов температуры или влажности радиозондом РКЗ-2 не превышают, в пересчете на интервалы высоты, 300 м при подъеме РЗ до 10 км, 500 м при подъеме от 10 до 20 км и 1000 м при подъеме от 20 до 30 км. Перерывы в передаче РКЗ-5 сведений о температуре находятся в пределах 15—30 с.

Радиозонд настраивают на несущую частоту $1782,5 \pm 5$ МГц. За время транспортировки и хранения она не должна выходить за пределы ± 8 МГц. Частота модуляции установлена 800 ± 30 кГц. Параметры настройки подобраны такими, что при номинальных напряжениях опорная частота у РКЗ-2 находится в пределах 2070—2110 Гц, частота следования сигналов температуры — в пределах 100—2020 Гц, сигналов влажности — 1500—1950 Гц. У РКЗ-5 пределы этих частот соответственно равны 1060—1090, 50—1035 и 500—1040 Гц.

Радиозонд стабильно отвечает на запросные импульсы РМС длительностью 0,7—0,9 мкс и с частотой повторения 833 Гц, если несущая частота станции отличается от фактической несущей частоты радиозонда не более чем на ± 3 МГц.

График градуировки радиозонда по температуре изображает зависимость отношения частот $F_t/F_{\text{оп}}$ от изменения температуры терморезистора и имеет вид прямой или отрезков прямой (не более трех), примыкающих друг к другу. Разброс точек относи-

тельно этой линии допускается не более $0,25^\circ$ по шкале температуры. Масштаб сетки графика не менее 2,7 мм на 1°C . График градуировки радиозонда по относительной влажности изображает зависимость отношений частот $F_u/F_{\text{оп}}$ от изменения относительной влажности, строится по лекалу и может иметь вид выпуклой, вогнутой или S-образной кривой. Масштаб сетки графика не менее 4 мм на 2%.

Масса собранного прибора без источников питания равна 0,75 кг. В собранном виде радиозонд имеет длину 220 мм, ширину 130 мм и высоту 210 мм. В упакованном для транспортировки виде радиозонд выдерживает вибрационную тряску с перегрузкой 3,5g, частотой 30 Гц в течение 30 мин с сохранением после этого метрологических характеристик и надежности работы в течение 120 мин полета. Техническими условиями предусмотрена вероятность безотказной работы радиозонда не менее 0,95.

2.2.2. Устройство радиозондов РКЗ-2 и РКЗ-5

Радиоблоки собирают на плате из специального высокочастотного гетинакса (рис. 2.2.3), на одной стороне которой способом вытравливания нанесен печатный монтаж, на другой — помещены навесные детали (генератор СВЧ, лампы, резисторы, емкости и др.). Цепи питания выведены на специальную клеммную колодку, к которой подключают вилки источника питания и метеодатчиков. Принципиальные схемы радиозондов РКЗ-2 и РКЗ-5 приведены на рис. 2.2.4 и 2.2.5.

Измерительный генератор радиозонда собран по схеме самовозбуждающегося фантастрона и выполнен на лампе 2П29П (Л1) с емкостной связью в экранно-сеточной цепи. Характеристики радиолампы приведены в табл. 2.2.1.

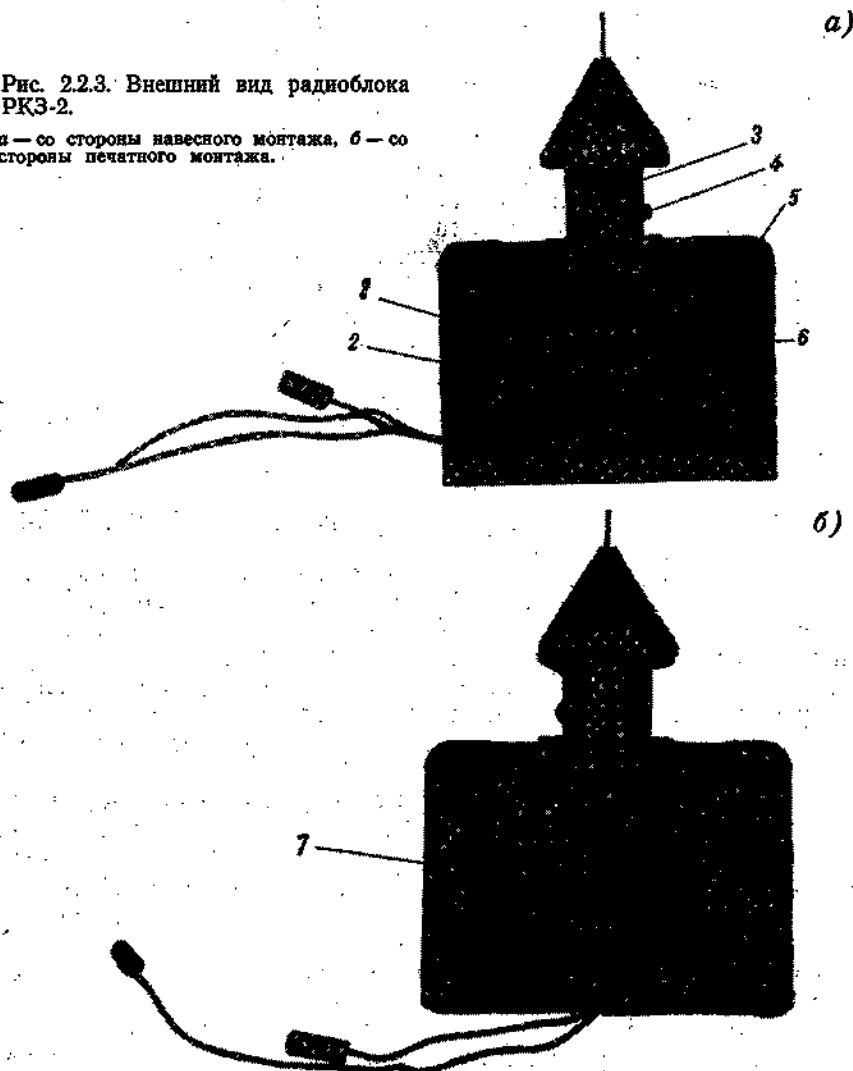
Долговечность лампы при номинальном режиме составляет не менее 250 ч. Концы выводов лампы облужены припоем ПОС40 на длине не менее 4 мм у выводов ножек и не менее 7 мм у вывода анода. Испытания на вибропрочность производят при частоте тряски от 12 до 60 Гц с ускорением 5g.

Техническими условиями предусмотрен выход из строя радиоламп 2П29П: после первого года хранения не более 5% от всей партии, после второго года хранения — до 10%.

Измерительный генератор вырабатывает импульсы напряжения, частота повторения которых зависит от величины сопротивления, подключаемого коммутирующим устройством к сеточной цепи лампы. Параметры схемы подобраны так, что на нагрузке генератора (сопротивление R_6) образуются импульсы напряжения отрицательной полярности, имеющие форму, близкую к прямоугольной.

Рис. 2.2.3. Внешний вид радиоблока РҚЗ-2.

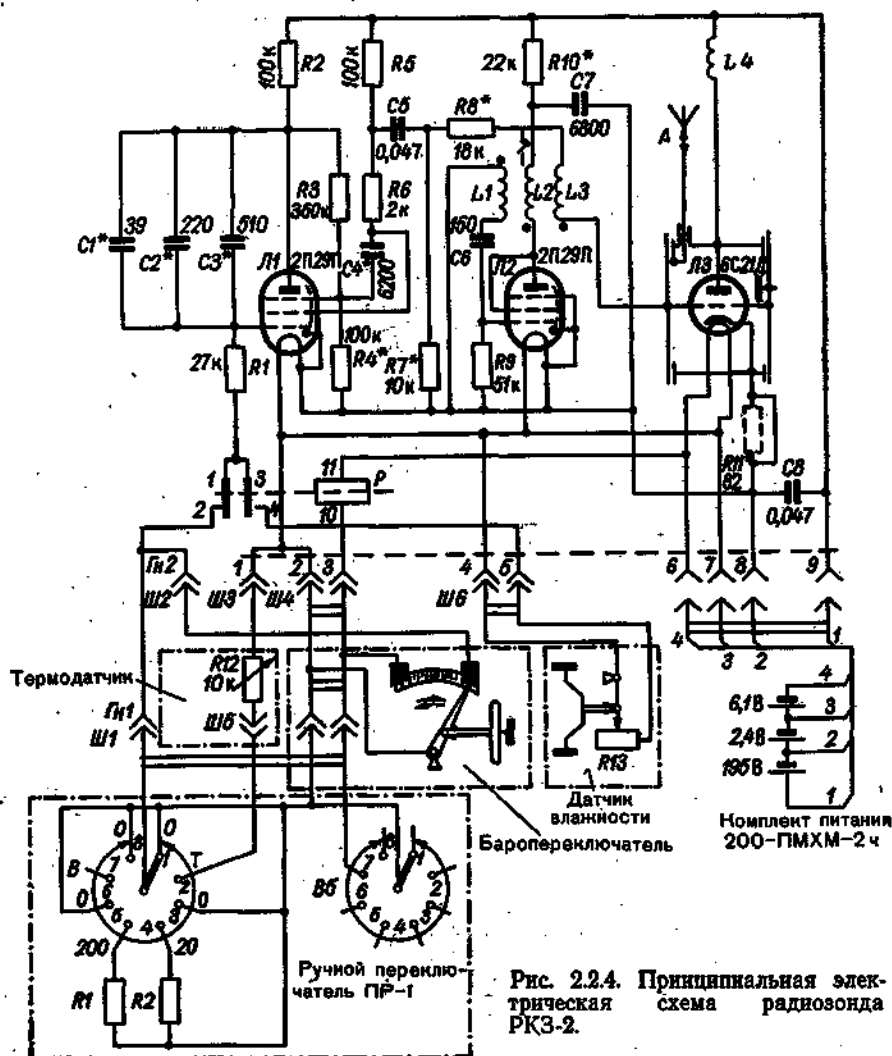
а — со стороны навесного монтажа, б — со стороны печатного монтажа.



При подъеме радиозонда и изменении атмосферного давления стрелка баропереклюателя (рис. 2.2.6) перемещается вдоль контактной шкалы, последовательно занимая положение в промежутках между контактами или на контактах шкалы. При этом в схеме измерительного генератора происходят следующие переключения:

1) когда стрелка баропереклюателя находится в промежутке между контактами шкалы (на непроводящем его уча-

стке), контакты 2 реле P находятся в замкнутом положении. Частота повторения импульсов напряжения отрицательной полярности на сопротивлении $R6$ в этом случае изменяется в за-



висимости от изменения сопротивления терморезистора, т. е. в зависимости от изменения его температуры (см. рис. 1.2.4);

2) когда стрелка баропереклюателя находится на контакте влажности, на обмотку реле подано напряжение 6,1 В,

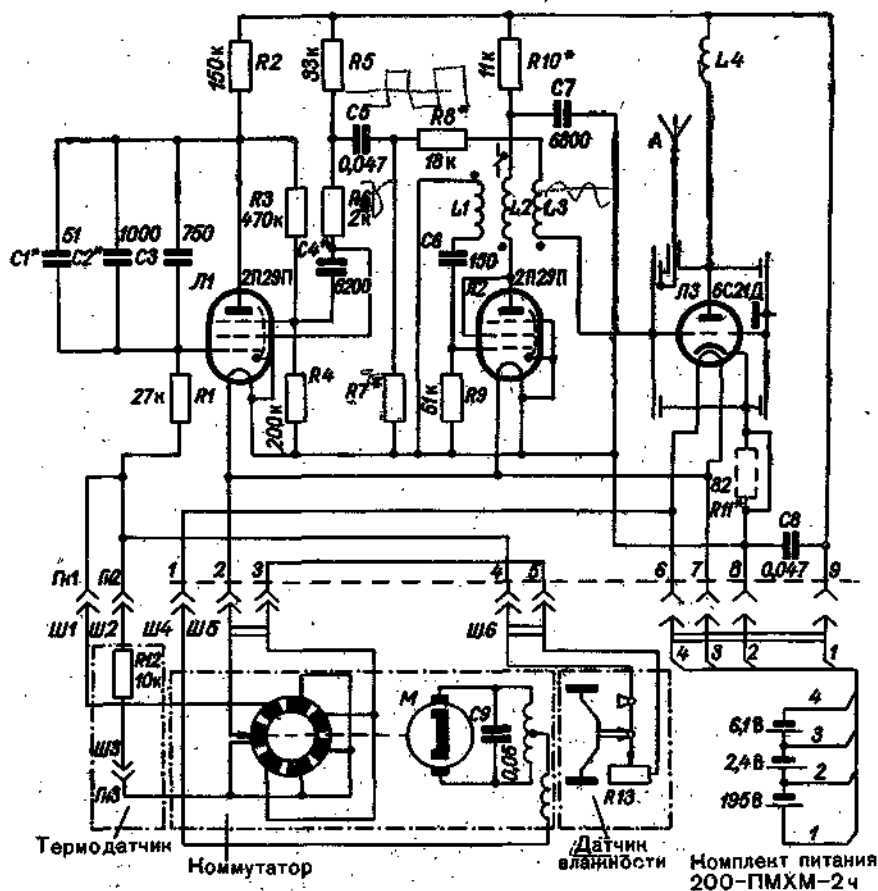


Рис. 2.2.5. Принципиальная электрическая схема радиозонда РКЗ-5.

замкнуты контакты 4 реле *P*. К измерительному генератору подключен вместо терморезистора реостат узла влажности. Частота повторения импульсов отрицательной полярности на сопротивлении *R6* зависит от величины сопротивления, снимаемого с реостата узла влажности, т. е. зависит от величины относительной влажности воздуха;

3) когда стрелка баропереклюателя находится на контакте давления (опорной частоты), якорь реле *P* замыкает контакты 2, но в этом случае терморезистор оказывается замкнутым стрелкой баропереклюателя через контакты давления шкалы. К сетке лампы измерительного генератора будет подключено только опорное сопротивление *R1*. Частоту повторения импуль-

Таблица 2.2.1

Основные характеристики радиолампы 2П29П

Электрический параметр	Значение параметра		
	минимально допустимое	номинальное	максимально допустимое
Напряжение на аноде, В	—	120	200
Напряжение накала, В	1,8	2,4	2,4
Напряжение на экранной сетке, В	—	45	120
Рассеиваемая мощность на аноде, Вт	—	0,8	1,0
Рассеиваемая мощность на экранной сетке, Вт	—	0,2	0,3
Анодный ток, мА	—	≥ 3	—
Ток накала, мА	95	110	125
Ток экранной сетки, мА	—	$\leq 1,0$	—
Обратный ток управляющей сетки, мА	—	$\leq 0,5$	—
Крутизна характеристики, мА/В	1,4	$\geq 1,7$	—
Ток эмиссии катода, мА	—	≥ 35	—
Напряжение отсечки анодного тока, В	-4,8	-2,8	—
Напряжение отсечки сеточного тока, В	0	0,5	1,0
Напряжение виброшумов, В	—	≤ 300	—
Емкость проходная, пФ	—	$\leq 0,015$	—
Емкость входная, пФ	4,2	4,85	5,5
Емкость выходная, пФ	1,5	—	2,5

сов напряжения на сопротивлении R_6 в этом случае определяет величина R_1 .

Опорное сопротивление R_1 является высокостабильным элементом радиозонда, которое при изменении внешних метеоусловий в указанных выше пределах практически не меняется и составляет $27 \text{ кОм} \pm 0,1\%$. Его изготавливают из манганиновой микропроволоки диаметром 5—7 мкм, с суммарной (вместе с изоляцией) толщиной намотки 10 мкм. Намотку производят на керамическое основание, сверху покрывают специальным составом и помещают на несколько часов в муфельную печь для спекания при температуре 120°C . Готовые сопротивления подвергают длительному старению.

Выходные импульсы напряжения снимаются с экранной сетки генератора и через развязывающее сопротивление R_6 в цепи делителя, переходную емкость C_5 и индуктивность связи L_3 катушки модулятора подаются на управляющую сетку генератора СВЧ (L_3), прерывая генерацию на время соответствующее длительности отрицательного импульса измерительного генератора.

Для повышения стабильности работы измерительного генератора на сетку лампы $L1$ подается отрицательное напряжение 2,4 В относительно потенциала на ее катоде. Настройку генератора на частоту повторения импульсов опорной частоты на заводе производят путем подбора емкости конденсаторов $C1$, $C2$, $C3$. Длительность паузы в излучении передатчика СВЧ ре-

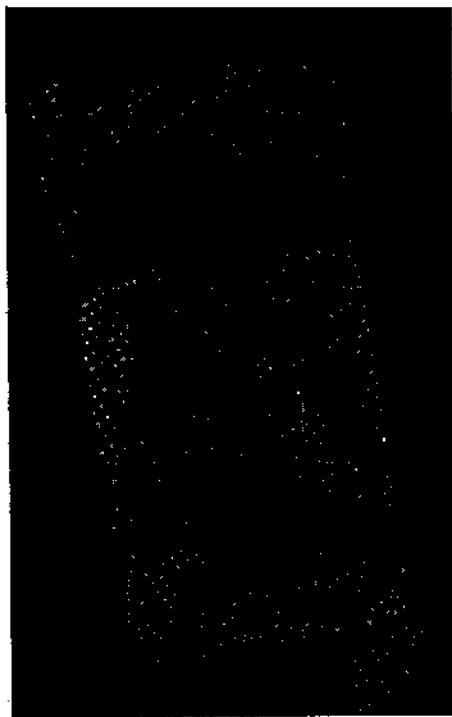


Рис. 2.2.6. Баропереклюатель радиозонда РКЗ-2.

гулируется подбором величины резистора $R4$.

Если режим работы измерительного генератора подобран правильно, то при проверке радиозонда смещение линии температуры на тарировочном графике относительно градуировочной кривой будет отсутствовать либо оно будет параллельным. Линейность графика свидетельствует о том, что технологический процесс изготовления радиозондов не нарушен и протекает нормально.

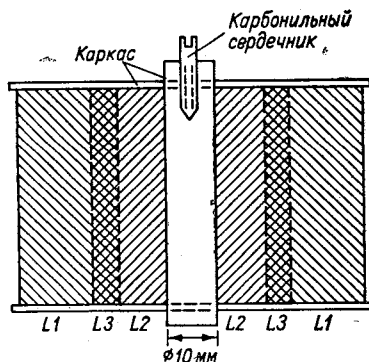
Модулятор обеспечивает особый режим работы передатчика СВЧ — режим сверхрегенерации. Модулятор представляет собой

обычный ламповый генератор синусоидальных колебаний частоты 800 кГц. Он собран на лампе 2П29П ($L2$), включенной в триодном режиме. Работа схемы в режиме автогенерации обеспечивается индуктивно-емкостной связью. Особенностью схемы является то, что в анодном контуре модулятора нет сосредоточенных емкостей. Для увеличения паразитной емкости намотка всех обмоток на каркасе выполнена в навал. При такой намотке емкость анодного контура достигает величины 15—18 пФ. Обмотка $L1$ имеет 200 витков и рассчитана на напряжение 200 В; обмотка $L2$ имеет 120 витков (напряжение 80 В) и обмотка $L3$ — 25 витков (напряжение 10—12 В).

Высокая добротность контура обеспечивает надежную работу автогенератора и высокую стабильность вырабатываемой

частоты. Частоту модулятора определяет также качество крепления катушки и ее каркаса к плате радиоблока. При плохом креплении катушки ее перемещение относительно карбонильного сердечника вызовет недопустимое изменение частоты суперизации (более 25 кГц). Устройство катушки модулятора показано на рис. 2.2.7.

Рис. 2.2.7. Устройство катушки модулятора 800 кГц.



Обратная связь между анодной и сеточной цепями осуществляется с помощью индуктивности катушки $L1$ модулятора. Выходное напряжение (частота 800 кГц), снимаемое с помощью катушки $L3$, подается на сетку лампы 6С11Д ($L3$) генератора СВЧ.

Режим автоколебаний модулятора обеспечивают величины сопротивления $R9$ и емкости $C6$. Развязка в анодной цепи генератора осуществляется фильтром $R10-C7$.

Настройку модулятора на требуемую частоту производят с помощью карбонильного сердечника катушки. Напряжение и частота 800 кГц регулируются подбором сопротивления $R10$.

Передатчик сверхвысокой частоты (генератор СВЧ) служит для передачи радиозондом сведений о температуре, относительной влажности воздуха и опорной частоте, а также выполняет функцию радиолокационного ответчика. Сигналы передатчика используются для пеленгации радиозонда и автоматического сопровождения радиолокационной станцией по угловым координатам и наклонной дальности. Передатчик выполнен на высокочастотном триоде карандашного типа 6С11Д ($L3$). Вместе с контуром эта лампа получила название 6С21Д. Электрические параметры лампы 6С11Д следующие:

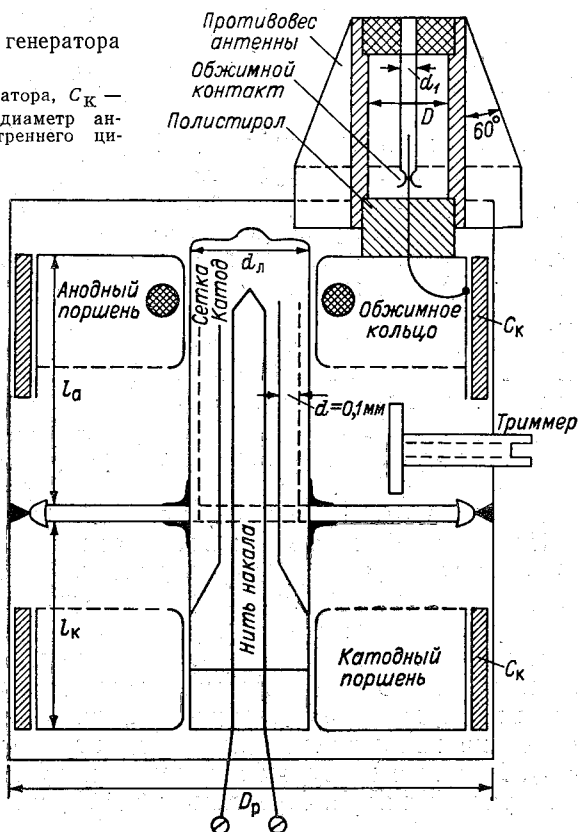
анодное напряжение, В	110
накальное напряжение, В	$6,1 \pm 0,5$
анодный ток, мА	30
накальный ток, мА	160
крутизна характеристики, мА/В	4,5
мощность рассеивания допустимая, Вт	3,5
мощность генерирования, Вт	0,4
мощность импульсная, Вт	1,0
коэффициент усиления	10—12

Триод 6С11Д предназначен для работы в схемах генераторов дециметрового диапазона. Управляющая сетка изготовлена

в виде цилиндрика из проволоочной сетки (диаметр проволоки 0,1 мм). Цилиндр надет на оксидный катод. Расстояние между сеткой и катодом менее 0,1 мм. Анод лампы выведен наружу стеклянного баллона в виде металлического колпачка. Выводы накала лампы облужены, но не ближе 7 ± 2 мм от стекла ножки. Пайку выводов производят припоем ПОС40 с применением

Рис. 2.2.8. Устройство генератора СВЧ (разрез).

l_a — длина анодного резонатора, C_k — слюдяной изолятор, d_1 — диаметр антенны, D — диаметр внутреннего цилиндра противовеса.



спирто-канифольного флюса на расстоянии не менее 15 мм от стекла. Места выхода гибких выводов залиты эпоксидной смолой для предохранения от разрушения стекла.

Точность изготовления генератора СВЧ во многом определяет стабильность его работы. В связи с этим к качеству изготовления генератора предъявлены большие требования. Устройство генератора показано на рис. 2.2.8. Из рисунка видно, что анодный и сеточный контуры передатчика образованы двумя коаксиальными резонаторами, охватывающими лампы.

Отношения диаметров резонаторов и лампы ($D_p/d_{\text{л}}$), антенных выводов (D/d_1) и других объемных элементов должны быть строго постоянными, так как они определяют волновое сопротивление генератора АФС (75 Ом).

Настройку генератора СВЧ на заводе по несущей частоте производят с помощью анодного поршня и триммера, по мощности — с помощью катодного поршня, которыми ограничивается объем полостей резонаторов. Соответственно объему изменяется частота и мощность. Триммер позволяет производить на аэрологических станциях подстройку анодного резонатора при уходе несущей частоты радиоблока после транспортировки и хранения в пределах ± 32 МГц. Заводские пределы изменения несущей частоты триммером составляют ± 100 МГц.

Связь катодного контура с анодным осуществляется через емкости, образованные пространством между поршнями резонаторов и внешней стенкой генератора (D_p).

Учитывая весьма малые расстояния между элементами лампы 6С11Д и генератора СВЧ, радиоблок не должен подвергаться резким встряхиваниям и ударам. Они приводят к замыканию электродов лампы и выходу из строя генератора.

Испытания на механическую прочность генератора СВЧ производят на вибростенде, платформа которого совершает простые гармонические колебания с частотой 40 ± 10 Гц и ускорением $5g$.

Хранить генераторы СВЧ рекомендуется в складском помещении при температуре не ниже $+5^\circ\text{C}$ и относительной влажности не выше 70%. Допускается выход из строя генераторов не более 5% от всей партии радиозондов после 1 года хранения и не более 10% после двух лет хранения в указанных условиях.

Энергия генератора СВЧ поступает в антенну через виток связи, который введен в полость анодного резонатора, и отрезок коаксиального фидера. Антенная система передатчика состоит из четвертьволнового штырька и конического противовеса, в совокупности образующих ориентированный излучатель энергии СВЧ.

При работе радиозонда на сетку лампы ЛЗ подается напряжение синусоидальной формы от модулятора и импульсное напряжение (отрицательной полярности) от измерительного генератора.

Для настройки генератора СВЧ в заданный режим подбирают сопротивления резисторов R_7 , R_8 , R_{11} и длину штырька антенной системы.

Питание цепи анода передатчика осуществляется анодной батареей с номинальным напряжением 195 В, питание цепи накала — от батареи напряжением 6,1 В.

Радиозонд РКЗ-5 предназначен для совместной работы с РМС «Метеорит-2». По сравнению с радиозондом РКЗ-2 в нем увеличена длительность метеопаз и соответственно уменьшены значения частот метеозадающих и опорной частоты, что позволило сузить полосу пропускания приемной системы РМС и по-

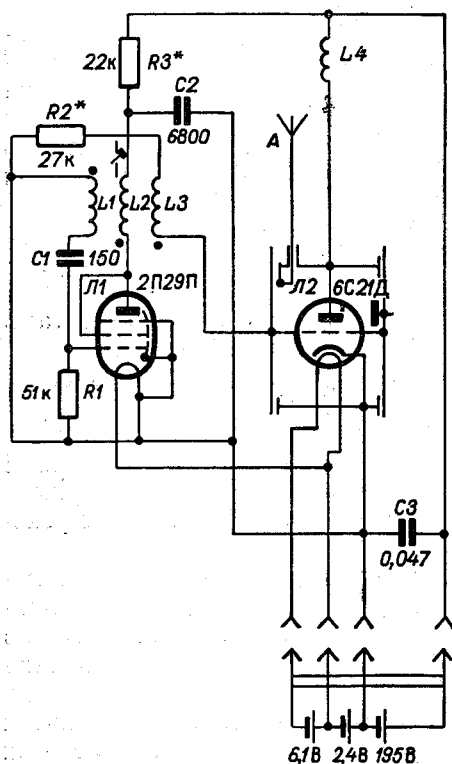


Рис. 2.2.9. Принципиальная электрическая схема передатчика-ответчика А-28.

высить ее чувствительность, а следовательно, увеличить дальность сопровождения радиозонда; стабилизирована и уменьшена дискретность измерения метеозадающих элементов за счет переключения измерительных цепей радиозонда коммутатором, вращение которого осуществляется микроэлектродвигателем.

Коммутатор РКЗ-5 состоит из контактной системы (собственно коммутатор), микроэлектродвигателя МД-6 и замедляющего редуктора. Он изготовлен из гетинаксовой платы, по окружности которой расположено семь ламелей. По ламелям скользит подвижный контакт — ползунок. Комму-

татор соединен с радиоблоком и датчиками проводами. Поочередно замыкая ламели, ползунок подключает датчики к радиоблоку и управляет его работой.

Перемещение ползунка по ламелям осуществляется микроэлектродвигателем МД-6. Он питается от батареи напряжением 6,1 В. В состав МД-6 (см. табл. 2.1.1) входит ротор и статор, катушка возбуждения, искрогасящий конденсатор с сопротивлением и крышка, на которой укреплен токосъемник. Две пружинящие щетки поочередно соприкасаются со специальным контактом на оси ротора во время работы МД-6.

Редуктор имеет три пары червячных передач. Они обеспечивают скорость прохождения подвижного контакта по каждой ламели в течение 15—30 с.

Завод снабжает каждый радиозонд выходными градуировочными графиками по температуре и влажности. Они служат заводским паспортом (сертификатом), подтверждающим годность радиозонда.

В процессе эксплуатации могут иметь место случаи, когда при подготовке и поверке радиозонда узел температуры или влажности окажется неисправным или не удовлетворяющим требованиям по точности. Такой неисправный узел заменяется исправным. При этом выходной градуировочный график должен быть переделан. Сопряжение радиоблока с новым узлом возможно потому, что градуировка всех радиоблоков выполнена по известным 18 сопротивлениям: 1,5; 2,0; 3,6; 4,3; 5,6; 7,5; 11; 15; 20; 36; 47; 62; 82; 110; 150; 200; 270 и 360 кОм. На новом градуировочном графике отклонение точек от кривой не должно превышать 0,25 мм, а вид кривой должен быть аналогичен кривой графика того радиозонда, из которого взят исправный узел.

Передачик-ответчик А-28 предназначен для измерения ветра в свободной атмосфере с помощью РМС. Он выполнен на базе радиозонда РКЗ в виде отдельного блока (рис. 2.2.9). В его состав входят генератор СВЧ, модулятор 800 кГц и источник питания (батарея 200-ПМХМ-2ч).

2.2.3. Проверка и подготовка к выпуску радиозонда, передатчика-ответчика и уголкового отражателя

Подготовка радиозонда к выпуску заключается в подготовке баропереклещателя, узлов влажности и температуры, комплекта питания, а также в сборке радиозонда, проверке электрических параметров радиоблока и контрольной поверке радиозонда.

Подготовку узлов радиозонда начинают с внешнего осмотра. Он должен выявить наличие поломок, обрывов и других повреждений, которые могут возникнуть при транспортировке и небрежном выполнении погрузочно-разгрузочных работ. Одновременно очищают от пыли контактные части шкалы баропереклещателя и обмотки реостата влажности, зачищают контакты и проверяют надежность разъемных соединений, проверяют сохранность антирадиационного покрытия терморезистора. Обнаруженные обрывы проводов и плохие контакты устраняют.

Особое внимание уделяют герметичности барокоробок. Если течь отсутствует, стрелка баропереклещателя будет находиться не далее второго контакта шкалы. При наличии течи баропереклещатель бракуют. Подлежат отбраковке баропереклещатели,

у которых обнаружен не поддающийся регулировке перекося стрелки относительно поверхности шкалы.

После осмотра и подготовки узлов проводят сборку радиозонда.

Проверку электрических параметров радиоблока производят с помощью комплекта измерительных приборов аэрологической станции (КИПАС) (см. гл. 2.4).

Собранный радиозонд устанавливают на подставку (рис. 2.2.10) и подключают к стенду питания КИПАС. Устанавливают но-

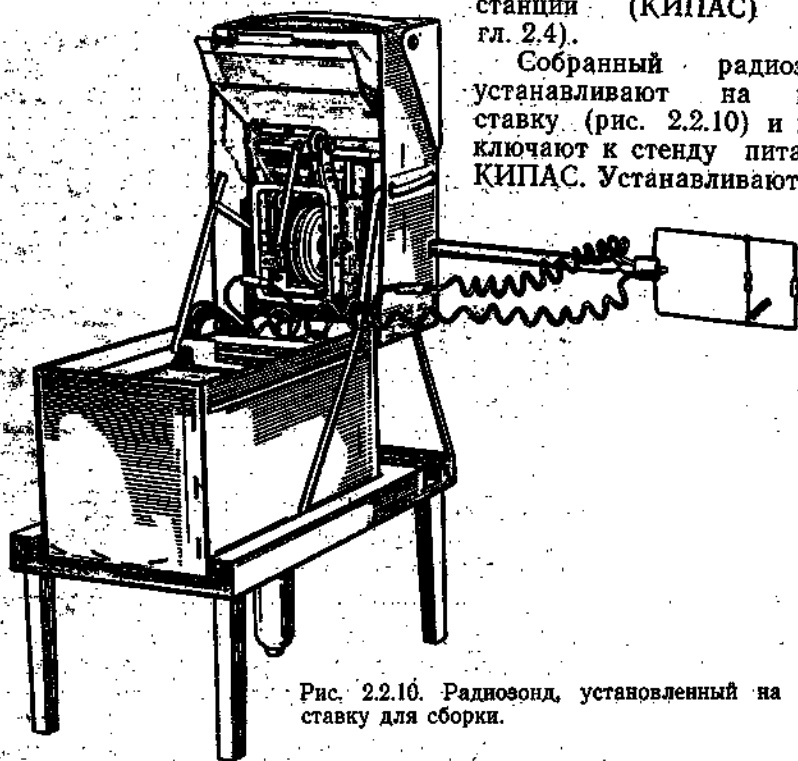


Рис. 2.2.10. Радиозонд, установленный на подставку для сборки.

минальные значения напряжений по анодной и накальной цепям.

Подставка с радиозондом должна быть установлена так, чтобы антенна радиозонда была на расстоянии не более 10—15 см от петли связи стенда и приблизительно на одном уровне с ней. Проверка метрологических и электрических характеристик радиозонда разрешается после 5 мин прогрева радиоблока.

У исправного радиоблока анодный ток должен находиться в пределах 10—25 мА, несущая частота 1782 ± 8 МГц, частота модулятора 800 ± 25 кГц. Ответный сигнал должен проявляться на экране осциллографа в виде некоторого превышения (но не более 10%) над общим уровнем суперных шумов и с более яр-

кой вершиной. За ответным импульсом должна следовать пауза (рис. 2.2.11). Опорная частота не должна отличаться от записанной на сертификате более чем на 110 Гц.

Переключение измерительных цепей радиозонда производят с помощью специального ручного переключателя ПР-1. Надежность контактов измерительных цепей РЗ должна обеспечить



Рис. 2.2.11. Вид ответного сигнала на экране осциллографа.

отсчет частотомером частот без разбросов и сбоев. Неустойчивость частот будет говорить о неисправности электрических цепей (контактов) или узлов температуры и влажности.

Контрольную поверку радиозонда по температуре и влажности производят в вентилируемой будке. Так как при данной операции определяют годность радиозонда к выпуску, то его питание осуществляют от батареи, с которой он будет выпущен в полет. Батарея обязательно должна иметь после формовки минимально допустимые напряжения и подключаться к радиозонду не позже чем за 10—15 мин до начала контрольной поверки.

Радиозонд устанавливают так, чтобы его антенна была удалена от стенок будки и расположенных в ней приборов на расстояние не менее 17 см.

Переключение измерительных цепей радиозонда при контрольной поверке производят дистанционно, с помощью специального переключателя ПД-1, входящего в комплект КИПАС.

Контрольная поверка включает поверку радиоблока при сопротивлениях 20 и 200 кОм и поверку радиозонда по температуре и влажности. При этом измеренные радиозондом температуру и влажность в будке сравнивают с показаниями аспирационного психрометра. Если температура ниже -10°C , показания радиозонда по влажности сравнивают с показаниями гигрометра.

Если радиозонд признан годным, отключают ПД-1, присоединяют термоузел к радиоблоку, ставят стрелку на шкалу баропереключателя, проверяют срабатывание реле радиоблока, укладывают соединительные провода в коробку и закрывают ее.

Подготовка радиозонда РКЗ-5 к выпуску аналогична подготовке радиозонда РКЗ-2. Дополнительно выполняются операции, связанные с подготовкой электромеханического коммутатора и его установкой в коробке радиозонда. Проверяют потребляемый МД-6 ток: он не должен превышать 90 мА. Время полного оборота подвижного контакта коммутатора должно быть в пределах 1,5—3,5 мин. Запуск МД-6 должен происходить самостоятельно, без воздействия внешних сил.

Так как схема РКЗ-5 не позволяет производить коммутацию измерительных цепей с помощью переключателей ПР-1 и ПД-1, необходима специальная переходная колодка. При ее отсутствии контрольная поверка, в отличие от поверки РКЗ-2, производится в два приема: 1) проверяют радиоблок при сопротивлениях 20 и 200 кОм; 2) проверяют радиоблок по температуре и влажности.

Подготовка ответчика А-28 производится также с помощью КИПАС по методике, изложенной выше для радиоблоков РКЗ-2 и РКЗ-5.

После внешнего осмотра проверяют величину анодного тока (15 ± 5 мА), несущую частоту генератора СВЧ ($1782,5 \pm 8$ МГц), частоту модулятора (800 ± 25 кГц), качество ответного сигнала.

Проверенный и подготовленный радиоблок ответчика устанавливают в коробку, подключают отформованную батарею и выпускают в полет.

Уголкового отражатели (УО) используются для измерения скорости и направления ветра на высотах. Для сопровождения уголковых отражателей используется радиолокационная метеорологическая станция «Метеорит-2».

В зависимости от скорости ветра на высотах, определяемой накануне при температурно-ветровых наблюдениях, применяют отражатели типа УО-50 или УО-80. Эффективная отражающая поверхность уголковых отражателей позволяет с помощью РМС «Метеорит-2» сопровождать отражатель УО-50 до удалений 40—45 км, УО-80 — до удалений 100—110 км.

Уголкового отражатели изготавливают из фольгированного картона. Стороны их при сборке скрепляют с помощью картонных планок и металлических скрепок. Размеры и форма сторон выбраны так, что в собранном виде они образуют фиксированные прямые углы с точностью не хуже $1,0$ — $1,5^\circ$.

Уголкового отражатели привязывают к оболочке шпагатом (тесьмой) длиной 10—12 м. Такая длина подвески обеспечивает получение достаточно устойчивого отраженного сигнала на экране индикатора дальности РМС в случае раскачки УО при подъеме.

2.2.4. Неисправности радиозондов типа РКЗ и их устранение

В процессе изготовления радиозондов с помощью автоматической линии при серийном производстве в монтажной схеме могут оказаться детали, которые не обеспечивают в отдельных радиозондах предусмотренного техническими условиями режима работы. В результате этого радиоблок при включении напряжения может не работать. В этом случае необходим подбор отдельных элементов схемы, их замена и подстройка электрических параметров.

Покаскадная настройка и проверка каждого радиоблока в заводских условиях осуществляется в специально оборудованных кабинах. Учитывая, что плотность потока мощности СВЧ около антенны генератора СВЧ достигает 60 мкВт/см² и на рабочем месте настройщика 20 — 25 мкВт/см², кабины изолированы друг от друга и от цеха покрытием, имеющим высокий коэффициент поглощения волн СВЧ. Это способствует также ослаблению влияния проверяемых радиоблоков друг на друга.

Настройка и проверка радиоблоков производится покаскадно в следующем порядке.

1. Производят настройку модулятора и проверяют работоспособность радиоблока.
2. Настраивают параметры генератора СВЧ.
3. Настраивают радиоблок на опорную частоту.
4. Производят тарировку радиоблока.
5. Проверяют длительность метеопазузы.
6. Измеряют относительную мощность радиоблока.
7. Отсчитывают результаты тарировки и полученные данные заносят в тарировочный бланк.
8. Вычерчивают графики терморезистора и радиоблока, выходные графики радиозонда (сертификаты) по температуре и влажности.

Настройку частоты модулятора производят по фигурам Лиссажу с помощью генератора Г4-18 и осциллографа С1-20. Частоту генерирования 800 кГц устанавливают вращением сердечника катушки модулятора, а момент настройки определяют по совпадению разверток на экране осциллографа.

По форме импульса убеждаются в работоспособности измерительного генератора. У исправного радиоблока сердечник катушки модулятора закрашивают нитроэмалью.

Настройку генератора СВЧ производят с помощью частотомера Ч2-8, осциллографа С1-20 и миллиамперметра ИП-2. Установив на шкале Ч2-8 частоту 1782,5 МГц, вращают настроечный триммер генератора 6С21Д и настраивают его на заданную частоту по максимальному отклонению стрелки частотомера. По миллиамперметру проверяют общий анодный ток; если он более 25 мА, его уменьшают подбором сопротивления R_{11} (см. рис. 2.2.4). Подбором сопротивлений R_8 и R_{10} , а также изменением длины антенны генератора СВЧ добиваются хорошего качества ответа на крайних точках диапазона изменения температур (опорная и 15-я точка магазина сопротивлений) при пяти режимах питания (в вольтах):

Цепь питания	Режим питания				
	номинальный	—	+	+	—
Анод	195	178	212	212	178
Накал	Номинальный	—	—	+	+
	6,1 2,4	5,49 2,16	5,49 2,16	6,71 2,64	6,71 2,64

Ответные сигналы генератора СВЧ проявляются на экране осциллографа в виде точки (пятна или короткой полоски) более

яркого свечения на фоне суперных шумов. За ответом должна следовать пауза в излучении. Как правило, она характеризуется меньшим свечением изображения суперных шумов по сравнению со средней интенсивностью свечения. Допускается наличие некоторого свечения на месте изображения паузы ответа, которое возможно за счет несинхронизированных импульсов, генерируемых радиоблоком в промежутках между моментами поступления к нему сигналов запроса. Изображения вершин радиоимпульсов (частоты следования 800 ± 25 кГц) не должны сливаться на осциллограмме в одну яркую линию. На осциллограмме также не должно наблюдаться ярких линий, соответствующих недопустимым искажениям синусоидальных колебаний радиоимпульсов (частоты следования 800 ± 25 кГц).

После того как сопротивления R_8 , R_{10} , R_{11} подобраны, их впайвают в схему радиоблока, и, пропаяв антенну, подстраивают генератор СВЧ на частоту 1782,5 МГц. Снова проверяют качество ответа при указанных выше пяти режимах.

Настройку измерительного генератора радиоблока на опорную частоту производят с помощью электронного счетчика импульсов. Измерительный генератор настраивают на опорную частоту подбором емкостей C_1 , C_2 , C_3 . Для РКЗ-2 опорная частота должна быть в пределах 2080—2100 Гц, для РКЗ-5 — в пределах 1060—1090 Гц.

Тарировка радиоблока производится с помощью электронного счетчика импульсов. После 3—5-минутного прогрева радиоблока замерыют и записывают в тарировочный график опорную частоту и частоту сигналов относительной влажности. Замерыют и записывают частоту первой температурной точки и, последовательно переключая ручку магазина контрольных сопротивлений, измеряют частоты во всех 15 точках. Перед измерением частот в 6-й и 13-й точках замерыют значение опорной частоты.

Во всех случаях измерений значение частоты, записываемое в тарировочный бланк, берется как средняя арифметическая величина из трех стабильных показаний счетчика.

Затем замерыют частоту сигналов температуры F_t и опорную частоту $F_{оп}$ при различных режимах питания.

В процессе измерений производят проверку по специальной линейке допустимых пределов разности ΔF_t между номинальной частотой температуры и измеренной. Если она выходит за пределы допусков, а на каком-либо режиме питания превышает 60 Гц, радиоблок бракуют.

Измерение относительной мощности радиоблока и проверку длительности метеопаз производят с помощью осциллографа С1-20 и лампового вольтметра ВК7-7. Радиоблок устанавливают на поворотной головке стенда

КИПАС. При этом ось приемной антенны стенда должна совпадать с плоскостью платы радиоблока, а лампа 2П29П измерительного генератора располагаться наиболее близко к приемной антенне.

По количеству меток импульса на экране осциллографа определяют длительность импульса.

Оценку уровня относительной мощности генератора СВЧ производят по шкале вольтметра. Если стрелка вольтметра устанавливается на значении 0,6 В или меньшем, радиоблок следует проверить в четырех положениях в горизонтальной плоскости через каждые 90°. При относительной мощности менее 0,55 В в любом из четырех положений радиоблок бракуют.

Обработка результатов тарировки заключается в определении отношения частоты сигналов температуры к опорной частоте во всех 15 температурных точках и отношения частоты сигналов влажности к опорной частоте в трех точках при номинальном режиме питания. Полученные результаты заносят в тарировочный бланк радиозонда.

Контроль качества радиозондов. Завод изготавливает радиозонды РКЗ партиями по 200—500 штук. Контроль качества производят, руководствуясь следующими нормами отбраковки.

Выборка	Объем выборки	Суммарный объем выборки	Основные браковочные признаки		Второстепенные браковочные признаки		Случайные дефекты	
			Пр	Бр	Пр	Бр	Пр	Бр
Первая	20	20	1	3	3	7	4	9
Вторая	40	60	4	5	9	10	12	13

К основным браковочным признакам относятся: точностные характеристики, несущая частота до вибротряски, опорная частота и частота модуляции, смещение графика градуировки, параметр «Ответ», значения анодного тока и контактного сопротивления, потеря работоспособности электровакуумного изделия. К второстепенным браковочным признакам относятся: уход несущей частоты после вибротряски, отклонение опорной частоты и частоты модуляции меньше, чем допускается при контроле по основным браковочным признакам, а также потеря работоспособности микроэлектродвигателя. К случайным дефектам относятся такие, которые не снижают метрологических и эксплуатационных характеристик радиозондов. В таблице указано число радиозондов, партия которых по различным браковочным признакам забракована (БР) или принята (ПР) ОТК завода.

Наставлениями и методическими указаниями предусмотрены браковочные признаки, по которым запрещается выпуск радиозонда в полет. Так, например, радиозонд бракуется, если стрелка баропереклювателя находится дальше второго контакта шкалы (что говорит о наличии микротечи в барокоробке), если контактная стрелка имеет перекося относительно поверхности шкалы баропереклювателя и не поддается регулировке поворотом плоскости стрелки вокруг горизонтальной оси, если анодный ток больше 25 или меньше 10 мА (неисправен радиоблок), если радиоблок имеет более четырех пауз после ответного импульса или удлиненную первую паузу, если Δt_{20} , Δt_{200} и $\delta t_{\text{кв}}$ более указанных допусков (неисправен радиоблок), если Δt_1 и Δt_2 более 1°, а ΔU более 20% (неисправны соответственно узлы температуры и влажности).

В отдельных случаях, когда нарушены формы пауз и ответного сигнала, возможно устранение этой неисправности путем кратковременных и несложных операций, восстанавливающих работоспособность радиоблока.

Так, отсутствие пауз в сигналах метеозаэлементов и опорной частоты свидетельствует о ненормальной работе измерительного генератора. В этом случае огибающая сигналов на экране осциллографа будет прямой линией при любом положении ручек синхронизации.

Отсутствие пауз могут вызывать следующие причины:

- плохой контакт вилок кабеля с гнездами радиоблока и блока питания;
- нарушение контакта в реле, коммутирующем устройстве или в разъеме датчиков;
- выход из строя опорного сопротивления;
- перегорание нити накала лампы 2П29П измерительного генератора.

Для устранения неисправности следует в радиоблоке и в блоке питания поджать гнезда, подчистить и поджать контакты в разъёмных соединениях датчиков и коммутирующего устройства, отрегулировать контакты реле. В случае неисправности лампы измерительного генератора или опорного сопротивления радиоблок бракует.

Проверку формы ответного сигнала производят по показаниям осциллографа С1-20. Ответный сигнал должен иметь форму превышения («выброса») над уровнем сигналов собственного излучения генератора. За превышением должна следовать четко выраженная пауза. Она должна быть одна, в крайнем случае допускается наличие еще трех пауз, но их глубина не должна быть более 70% величины сигнала на краях этих пауз. Яркость огибающей не должна быть значительно больше яркости остаточного излучения.

Таблица 2.2.2

Основные неисправности радиозонда РКЗ-2 и способы их устранения

Неисправность	Признаки неисправности	Причины неисправности	Способы отыскания и устранения неисправности
1. Нет генерации СВЧ	1. Нет изображения на экране осциллографа Нет изображения сигнала на трубке дальности РМС Отсутствует или мал (меньше 10 мА) анодный ток 2) Зашкаливает стрелка прибора, контролирующего анодный ток	а) Обрыв цепи питания анода или цепи накала лампы генератора 6С21Д б) Отсутствует контакт в контактных гнездах в) Перегорела нить накала генератора 6С21Д а) Замыкание между электродами генератора 6С21Д б) Замыкание между электродами лампы модулятора 2Т129П в) Замыкание между обмотками контура модулятора 2Т129П г) Замыкание между выводами 196 В и одним из накальных выводов	а) Вольтметром проверить напряжение анодной цепи и цепи накала. Устранить обрыв б) Проверить наличие контакта между соединительной вилкой комплекта 200-ПМХМ-24 и соответствующими гнездами радиоблока. Дефект устранить в) Если при включении напряжения накала 6,1 В анодный ток отсутствует, то перегорела нить накала. Дефект устранить не подлежит а) Вынуть радиоблок из футляра и омметром замерить сопротивление между анодом (катодом) и сеткой (корпусом) генератора 6С21Д б) Омметром замерить сопротивление между электродами лампы модулятора 2Т129П. Замена лампы не решается в) «Прозвонить» обмотку катушки контура модулятора. Дефект устраняется по возможности г) Замерить сопротивление между выводом 196 В и одним из накальных выводов. По возможности устранить неисправность

2. Нет генерации частоты 800 кГц

На экране осциллографа излучение СВЧ значительно бледнее обычного. При наличии генератора стандартных сигналов частота 800 кГц замеряется с помощью генератора и осциллографа

3. Нет ответного сигнала

1) На экране осциллографа не просматривается ответная пауза

2) Анодный ток больше допустимого на 2-3 мА

4. Неправильность измерения генератора

На экране осциллографа нет импульсов измерительного генератора (нет пауз в излучении СВЧ). Счетчик не считает частоты микроволн и опорную частоту

а) Обрыв нити накала лампы модулятора 2129П
б) Обрыв в анодной или накальной цепи модулятора или замыкание между внешними выводами лампы

а) Неправлен модулятор
б) Отсутствует связь модулятора с генератором СВЧ

в) Нарушен режим настройки генератора СВЧ

а) Обрыв опорного сопротивления или плохой контакт в цепи опорного сопротивления
б) Плохая пайка выводов лампы измерительного генератора 2129П

в) Перегорание нити накала лампы измерительного генератора
г) Обрыв в цепи питания измерительного генератора

д) Отсутствует контакт штекер-гнездо

а) Проверить визуально свечение нити накала лампы
б) Вольтметром проверить наличие напряжений в анодной и накальной цепях модулятора. При обнаружении неисправности лампы 2129П заменить ее и подстроить частоту 800 кГц (при необходимости)

а) См. п. 1, 2

б) Омметром проверить сопротивление между выходом модулятора и сеткой генератора СВЧ

в) Регулировкой длины антенны добиться появления ответной паузы и при необходимости триммером подстроить несущую частоту

а) Замерить омметром опорное сопротивление, проверить пайку и устранить дефект. Заменить опорное сопротивление не разрешается

б) Проверить пайку, устранить повреждение

в) Проверить визуально свечение нити накала лампы 2129П. Дефект устранить не подлежит

г) Вольтметром проверить напряжение в анодной и накальной цепях измерительного генератора. Устранить неисправности

д) Убедиться в надежности контакта. При обнаружении дефекта — устранить

Неисправность	Признаки неисправности	Причины неисправности	Способы отыскания и устранения неисправности
5. Отсутствует частота влажности	а) Не слышно щелчка реле или слабый щелчок б) Счетчик не считает частоту влажности	а) Неисправно реле б) Плохой контакт «стрелка—реостат узла влажности»	Исправить или заменить реле Визуально и с помощью омметра убедиться в наличии надежного контакта. Неисправность устранить.
6. Отсутствует частота температуры и опорная частота	1) Счетчик не считывает частоту температуры и опорную частоту 2) См. п. 4	а) Не замкнуты нормально контакты реле б) Обрыв или замыкание в цепи термоузла	а) Отрегулировать реле. Починить контакты б) Убедиться с помощью омметра в отсутствии замыканий или обрыва выводов термоузла. Обнаруженную неисправность при возможности устранить.
7. Неустойчивость режима генератора СВЧ. При поднесении руки к антенной системе анодный ток резко возрастает	На экране осциллографа (при поднесении руки) ка- чество ответного сигнала ухудшается, иногда сигнал пропадает совсем	Расстроен генератор СВЧ	Изменяя длину антенны в ту или другую сторону, привести настройку антенны генератора СВЧ, добывая плавного изменения анодного тока при поднесении к антенне руки
8. Значение опорной частоты при контрольной поверке отличается от записанной на сертификате больше допустимого значения	Разница между значениями опорной частоты, полученными на заводе и при контрольной поверке, превышает 110 Гц	а) Сбой в системе счета б) Величина питающих напряжений отличается от номинальных более чем на 8,5% в цепи анода и на 10% в цепи накала	а) Проверить систему счета б) Замерить вольтметром значения питающих напряжений. Если повторная контрольная поверка радиопонда при номинальных питающих напряжениях подтверждает полученную величину, радиоблок бракует

9. Отклонения показаний радиозонда по температуре при контрольной поверке больше допуска

$$\Delta t_{20} = t_{20\text{изв}} - t_{20} > 2^\circ$$

$$\Delta t_{200} = t_{200\text{изв}} - t_{200} > 2^\circ$$

То же

10. Разность отклонений частоты на контрольных точках 20 и 200 кОм больше допуска

$$\Delta f_{\text{кв}} > 0,6^\circ$$

Плохой контакт

Проверить места соединения радиоблока с ПД-1 или ПР-1. Если дефект устранить не удается, радиоблок бракуют

11. Отклонения показаний датчика температуры при контрольной поверке больше допуска

$$\Delta t_5 - \Delta t_{20} > 1^\circ \text{ или}$$

$$\Delta t_5 - \Delta t_{200} > 1^\circ$$

а) См. п. 8, а, б

а) Выдержку повторить

б) Ошибка в отсчете температуры по синхронметру

б) Если дефект устранить не удается, термоузел заменяют другим

в) Недостаточно выдержки датчика температуры

в) Произвести сжигание нового термоузла с радиоблоком

г) Плохой контакт

г) проверить места соединения терморезистора и термоузла. Устранить неисправность

12. Отклонения показаний датчика влажности при контрольной поверке прибора больше допуска

$$\Delta u = u_{\text{психр}} - u_{\text{сертиф}} > 20\%$$

а) Недостаточно выдержки датчика влажности

а) Выдержку повторить
б) Проверить места соединения датчика влажности с радиоблоком.

Если дефект устранить не удается, узел влажности заменяют другим. Производят сопряжение нового узла влажности с данным радиоблоком

б) Плохой контакт

Неисправность	Признаки неисправности	Причины неисправности	Способы отыскания и устранения неисправности
13. Разброс метеоданных на ленте печати при высоте подъема РЗ ниже 10 км	На трубке дальности РМС изображения сигналов имеют увеличенную амплитуду и меньшую яркость по сравнению с нормально работающим РЗ	а) Нет импульсов напряжения частоты 800 кГц генератора СВЧ б) РМС недостаточно настроена на частоту излучения передатчика РЗ	а) Дефект устранению не подлежит б) Произвести подстройку РМС
14. Неисправность баропереклювателя	а) При контрольной поверке РЗ, когда ручка ПД-1 или ПР-1 находится в положении «Ф» или «В», стрелочные индикаторы РМС показывают нули влажности в положениях «Г», «20», «200» б) На ленте печати данных РЗ регистрируются всего одно-два значения опорной частоты (влажности)	а) Замыкание контактных шкал влажности и опорной частоты баропереклювателя б) Плохой контакт между стрелкой и проводящими частями шкалы баропереклювателя. Плохое качество металлизированных контактов, нанесенных на плату баропереклювателя	а) «Прозвонить» концы выводов шкал. Если дефект устранить нельзя, баропереключитель заменить другим б) при подготовке баропереклювателя производить отсчеты по манометру в моменты, когда стрелка находится на начале и конце контактной частоты. Заушковой сигнал по шуммеру должен быть непрерывным и длиться, пока разность отсчетов давления в момент начала и конца прохождения стрелкой 2-го контакта будет не менее 14 мбар, 3-го — 11,7, 4-го — 9,4, 5-го — 8, 6-го — 7,2, 7-го — 6, 8-го — 4,7, 9-го — 3,7, 10-го — 3,2, 11-го — 2,7, 12-го — 2,0, 13-го — 1,9, 14-го — 1,7, 15-го — 1,6, 16-го — 1,2, 17-го — 1,1, 18-го — 0,9, 19-го — 0,8, 20-го — 0,6 мбар

Возможны два случая отклонения формы ответного сигнала от нормальной:

1) уровень превышения ответного сигнала очень мал, а основная пауза после ответа или отсутствует, или нечеткая;

2) ответный сигнал имеет большой уровень превышения, двойную паузу или несколько следующих друг за другом пауз («многопаузность»).

В этих случаях необходимо:

— убедиться, что дефект не вызван неудачным расположением генератора СВЧ и высокочастотного пробника или радиоблока относительно окружающих предметов. Для этого следует несколько изменить расположение элементов стенда относительно радиоблока и определить, как при этом меняется форма ответного сигнала. Если она не изменится, нужно проверить соответствие анодного тока и питающих напряжений заданным номиналам, отрегулировать их. Убедиться в отсутствии коротких замыканий между корпусом генератора СВЧ и «колокольчиком» антенны, между анодной цепью и минусом радиоблока; проверить исправность нити накала лампы модулятора;

— убедиться, что отклонение режима не является следствием механических повреждений элементов связи антенны с генератором СВЧ. Наличие механической связи определяют легким покачиванием «колокольчика» радиоблока; антенна должна быть прямой и прочно впаянной в выходное гнездо генератора СВЧ;

— проверить еще раз несущую частоту, не отличается ли она от номинала больше чем на ± 8 МГц. Если отклонение (уход) частоты не более ± 4 МГц, нужно подстроить генератор СВЧ.

Для этого необходимо выполнить следующее:

— очистить винт триммера генератора от нитроэмали. Для удаления следов краски на резьбе винт повернуть отверткой вправо и влево, затем установить в исходное положение. К радиоблоку подключить питание;

— установить на частотомере Ч2-8 показания, соответствующие номинальной частоте $\pm (5-6)$ МГц в сторону ухода частоты генератора СВЧ;

— включить радиоблок и волномер, прогреть их;

— поднести радиоблок к высокочастотному пробнику на расстояние 5—7 см (антенна генератора СВЧ должна располагаться в плоскости витка высокочастотного пробника) и, плавно вращая винт триммера настройки, добиться максимального отклонения стрелки прибора частотомера. Если стрелка будет зашкаливать, отнести радиоблок на большее расстояние.

Если после устранения указанных причин отклонение формы ответного сигнала от нормальной осталось, но является

незначительным (пауза ответа заплывает не полностью, ширина ее увеличена по сравнению с нормальной, есть следы «многопаузности»), то допускается подстройка антенны радиоблока.

Для подстройки антенны необходимо выполнить следующее:

— напаять на конец вибратора немного припоя в виде вытянутой капельки длиной 1—2 мм, включить радиоблок и проверить, улучшилась или ухудшилась форма ответного сигнала по сравнению с ранее наблюдаемой. Если она улучшилась, подпаять к антенне кусочек медного провода диаметром 0,8—1,1 мм, длиной 10 мм и, постепенно откусывая провод по 1,0—1,5 мм, добиться нормальной формы ответа;

— если при удлинении антенны форма ответа ухудшилась, постепенно откусывая антенну по 0,5 мм, добиться нормальной формы ответного сигнала. В подавляющем большинстве случаев это наступает при удлинении или укорочении антенны в пределах нескольких миллиметров;

— убедившись, что форма ответных сигналов нормальная, нужно проверить ее, изменяя напряжение питания.

При больших по величине и форме отклонениях ответного сигнала от нормального радиоблок бракуют.

Основные неисправности радиозондов РКЗ-2 и РКЗ-5 (табл. 2.2.2) аналогичны, за исключением неисправностей микроэлектродвигателя МД-6 и ламельного коммутатора. Неисправности МД-6 аналогичны неисправностям микроэлектродвигателя МД-3, применяемого в радиозонде А-22-IV (VII).

Глава 2.3.

ИСТОЧНИКИ ТОКА ДЛЯ РАДИОЗОНДОВ
И ПЕРЕДАТЧИКОВ-ОТВЕТЧИКОВ

Питание анодных и накальных цепей радиозондовых передатчиков и передатчиков-ответчиков, а также микроэлектродвигателей осуществляется от водозаливных источников тока. Емкость источников рассчитана так, чтобы обеспечить работу приборов как при подготовке к полету, так и во время полета. При сравнительно длительном времени разряда на расчетную нагрузку (2,0—2,5 ч) источники тока имеют небольшие габариты, легки, просты в подготовке, надежны в эксплуатации, обладают достаточным разрядным током при высокой стабильности напряжения и недорого.

Источники тока обеспечивают необходимые напряжения после предварительной заливки водой и формовки на нагрузочных сопротивлениях.

Время, необходимое для подготовки батарей, зависит от температуры окружающей среды и воды, используемой для замачивания.

2.3.1. Устройство и принцип действия источников тока

Внешний вид водозаливных источников тока, применяемых для питания радиозондов типа А-22 и РКЗ, показан на рис. 2.3.1.

Питание радиозондов А-22-IV (VII) осуществляется от одного водозаливного комплекта 80-ПМХС-2ч. В состав комплекта входят две батареи — анодная и накальная. Анодная батарея состоит из трех секций по 27 элементов в каждой. Последовательно соединенные анодные секции располагаются одна над другой. Между секциями проложена изоляционная прокладка. Накальная батарея состоит из трех последовательно соединенных элементов.

Отдельный элемент состоит из магниевых анода, катода из хлористого свинца и диафрагмы из алигнина. Во время разряда химическая реакция протекает с большим количеством потребляемой воды. Необходимая для реакции вода накапливается диафрагмой элемента при заливке батарей.

С двух сторон на элементы наносится паста из полихлорвинила и дибутилфтолата. Паста запекается и образует твердую массу, которая скрепляет, изолирует и фиксирует элементы в секции. Батареи собраны в один блок и помещены в картонный футляр, выложенный изнутри теплоизоляционными пенопластовыми пластинками.

Комплект имеет три вывода: плюс анода, общий провод и минус накала.

Батарея 200-ПМХМ-2ч выпускается в виде комплекта питания из трех батарей: анодной и двух накаливаемых. В качестве электродов использованы магниевая и хлористая медь, в состав которой добавлено по 5% графита и сажи. В остальном устройство комплекта аналогично батареям 80-ПМХС-2ч с той разницей, что количество элементов каждой батареи и их размеры соответствуют напряжениям и токам, необходимым для обеспечения питания радиозондов типа РКЗ.



Рис. 2.3.1. Общий вид водозаливного комплекта питания 200-МПХМ-2 ч.

Выводы батарей питания заканчиваются четырехштырьковой вилкой, предназначенной для подключения к радиоблоку.

У водозаливных батарей после формовки в течение первых 10—20 мин работы напряжение продолжает возрастать. В остальное время (до 100 мин) напряжение сравнительно стабильно: за 2 ч разряда при изменении окружающей температуры от $+20$ до -70°C изменение напряжения составляет не более 6—7%.

Элемент пары магниевая—хлористый свинец (или магниевая—хлористая медь) имеет рабочее напряжение порядка 0,65—0,8 В при плотности тока до 40 мА/см^2 . Электрические характеристики комплектов питания (80-ПМХС-2ч и 200-ПМХМ-2ч) в течение срока хранения меняются незначительно и отличаются от характеристик свежизготовленных батарей в основном увеличением времени, при котором развиваются рабочие напряжения на стенде для формовки. Уменьшение времени формовки в этом случае достигается применением горячей воды.

Общим требованием к водозаливным батареям является стабильность питающих напряжений. Это особенно важно для радиозондов типа РКЗ: резкое изменение анодного напряжения на 1 В или накального напряжения на 0,1 В приводит к уходу частоты радиоблока на 1 Гц. Поэтому технические условия допускают только плавное изменение напряжения каждой батареи, но не более чем на 2% от номинального значения за 3 мин.

В процессе работы водозаливные батареи выделяют значительное количество тепла, что повышает их морозостойкость и создает сравнительно стабильный «микроклимат» внутри кожуха радиозонда.

2.3.2. Подготовка, проверка и ремонт водозаливных источников тока

Батарею 80-ПМХС-2ч извлекают из заводской упаковки. Внешним осмотром определяют целостность коробки, пенопластового утепления и состояние выводов секций батареи. Обращают внимание на качество пайки проводников к пластинам и отсутствие окиси на электродах. За несколько часов до выпуска (не более пяти) или перед самым выпуском батарею на 3—4 мин погружают в пресную воду комнатной температуры (15—20°C).

При хранении батарей дольше одного месяца несколько увеличивается время формовки, особенно накальной секции. Время формовки можно сократить, если применить горячую воду. Температура воды определяется сроками хранения батарей. Погружать батарею в воду следует так, чтобы ее верхний край был ниже уровня воды на 10—20 мм. Концы проводов не должны попадать в воду.

После замачивания легким встряхиванием из батареи удаляют излишки воды. Затем батарею укладывают в коробку, пропустив ее выводы через отверстие в торце коробки. Сверху накрывают пенопластовой теплоизолирующей прокладкой и закрывают крышкой. Выводы, оставленные снаружи, оголяют на 10—12 мм.

Чтобы батарея начала давать полное рабочее напряжение, ее необходимо в течение 8—10 мин формовать, т. е. подключить на это время к нагрузке. Для формовки батарей используют прибор контроля передатчиков. Окончание формовки батарей определяют по достижению определенных величин напряжений: 72,0 В по аноду и 2,52 В по накалу. Номинальные напряжения соответственно составляют 80,0 и 2,7—3,0 В.

По окончании формовки батарею подключают к передатчику. Начиная с этого времени передатчик выключать нельзя. Если комплект питания в течение нескольких минут после формовки остается без нагрузки, напряжения его падают,

и требуется некоторое время для их восстановления после повторного подключения к нагрузке. Нагрузкой при этом может служить сам передатчик. Однако этим способом можно пользоваться только в случаях крайней необходимости.

Подготовленный комплект питания обертывают для утепления двумя-тремя слоями бумаги и вкладывают в отсек питания коробки радиоблока. Выводы от батарей тщательно соединяют с проводами питания радиоблока и проводами вилки радиозонда. Места соединения проводов изолируют.

Подготовку комплекта питания 200-ПМХМ-2 ч следует начинать за 30—35 мин до начала контрольной поверки, радиозонда. Для приведения комплекта в рабочее состояние его необходимо отформовать. Процесс формовки заключается в следующем.

1. Извлечь из полиэтиленовой упаковки комплект питания и внешним осмотром проверить целостность проводов и вилки питания, наличие липких пластырей на заливных отверстиях и надежность заклейки, отсутствие следов влаги на картонной упаковке комплекта.

2. Вскрыть верхнее и боковое отверстия, для чего пластинку из липкой пленки отогревают рукой в течение 2—3 мин. Затем, взяв за уголок пленки, медленно ее отклеить, так чтобы на пленке не остался слой бумаги от футляра комплекта. Клеевую сторону пленки руками не трогать и не загрязнять.

3. Установить комплект на подставку этикеткой вверх и заливать через отверстие в крышке с помощью воронки чистую воду. Она должна вытекать из бокового отверстия в течение 1—2 мин, после чего дать постоять комплекту питания в залитом состоянии 2—3 мин. Заливать воду нужно осторожно, чтобы не обливать футляр. Для заливки требуется примерно 1,5 л воды температурой от 15 до 20°C.

4. Слить воду через боковое отверстие.

5. Вскрыть отверстие в дне футляра и дать возможность воде стечь.

6. Энергичным встряхиванием удалить через все отверстия остатки воды из комплекта и заклеить липкой пленкой верхнее и боковое отверстия.

7. Через 5 мин после удаления остатков воды подключить комплект питания к стенду формовки СФ-1 и включить на нем тумблеры «195 В», «6,1 В» и «2,4 В».

8. По мере получения на отдельных батареях комплекта минимального напряжения (178,5 В на анодной секции, 5,5 В на первой накальной секции и 2,1 В на второй накальной) тумблеры соответствующих секций выключают, а по достижении минимальных напряжений на всех трех батареях формовку прекращают.

9. После окончания формовки встряхиванием удаляют остатки воды через нижнее отверстие футляра комплекта.

Срок годности комплекта питания в замоченном состоянии не менее 5 ч, после формовки — не менее 2 ч.

После начала заливки вилку комплекта питания необходимо защищать от короткого замыкания. С этой целью с вилки не снимают полиэтиленовый чехол до подключения комплекта к стенду формовки.

Номинальными напряжениями комплекта будут 195,0 В (анодная секция), 6,1 и 2,4 В (накальные секции). Если комплект или одна из батарей по истечении 2 ч после формовки не дают заданных номинальных напряжений, следует подформовать их в течение 10—15 мин до достижения минимальных напряжений.

Хранение водозаливных комплектов питания производится в незалитом состоянии, в заводской упаковке, в неотапливаемых помещениях при влажности не более 75%.

При соблюдении правил хранения работоспособность батарей сохраняется в течение всего гарантийного срока.

Забракованные водозаливные батареи подлежат ремонту только в случаях обломов токонесущих проводов в местах пайки или их обрывов и при нарушении контакта у вилки питания. При этом провод в месте нарушения контакта зачищают, скручивают и бескислотным способом пропаивают оловом или припоем.

Иногда отдельные батареи после заливки водой начинают быстро перегреваться и закипают. Это происходит вследствие короткого замыкания между электродами батареи из-за попадания в нее токопроводящих примесей при изготовлении или нарушении технологии сборки.

В случаях попадания влаги в батарею при длительном хранении в непригодных помещениях происходит саморазряд батарей. Батареи, закипевшие при подготовке или не обеспечивающие минимально установленных напряжений, восстановлению не подлежат.

Глава 2.4.

ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ КОНТРОЛЬНЫХ
ПОВЕРОК РАДИОЗОНДОВ
И РАДИОЗОНДОВЫХ ПЕРЕДАТЧИКОВ2.4.1. Оборудование для проверки радиозондов
А-22

При радиозондировании атмосферы с помощью системы «Малахит» — А-22 качество получаемой метеорологической информации зависит не только от надежности работы наземного оборудования (радиотеодолита, дальномерной приставки, регистратора метеоданных и т. п.), но и от качества подготовки радиозондов, выпускаемых в полет. Для осуществления полной проверки радиозонда на аэрологической станции необходимо иметь следующее основное оборудование; барокамеру БК-0,07, манометр МБП, стенд-движок ПО-17М, зуммер ПО-15, ондулятор ПО-19, аспирационный психрометр, барометр стационарный, вентиляционную установку ПО-14, будку вентилируемую А-51, волномер Ч2-3А (ВСТ-1), прибор контроля передатчиков, ампервольтметр АВО-5, синхроскоп С1-5, универсальный источник питания УИП-1. Это оборудование позволяет произвести не только общую проверку радиозонда, массировку бароузла с поверкой, настройку передатчика на рабочую частоту, контрольную выдержку радиозонда в помещении, снятие выдержки перед выпуском его в свободный полет, но и отбраковку радиозондов, не удовлетворяющих допускам по точностным характеристикам.

Барокамера БК-0,07 (рис. 2.4.1) представляет собой алюминиевый шкаф с внутренними габаритами $620 \times 350 \times 350$ мм и общей массой 75 кг, в котором расположены вакуум-насосный агрегат ВН-461М с электродвигателем и ряд вспомогательных деталей и узлов. Барокамера предназначена для прокачки бароузлов радиозондов, их массировки и поверки на соответствие с придаваемым к радиозонду сертификатом. Барокамера обеспечивает плавное разрежение воздуха от давления у земли до 8 мм рт. ст. за время не более 60 мин. Во время эксплуатации барокамеру и вакуум-насос необходимо систематически обтирать влажной тряпкой, следить за состоянием вакуумной резины и уровнем масла в насосе.

Манометр МБП предназначен для определения давления в барокамере БК-0,07, а также для измерения атмосферного давления в пределах от 0 до 1070 мбар с точностью отсчета 0,05 мбар. Он имеет габариты $140 \times 285 \times 1225$ мм, массу 14,5 кг. Манометр устанавливается в помещении на капитальной стене, как правило, около барокамеры, с которой соединяется резиновым шлангом. Показания манометра не должны отличаться от

показаний контрольного барометра больше чем на 0,5 мбар. Контрольные сравнения манометра с барометром для проверки сохранности инструментальных поправок производятся не реже одного раза в месяц.

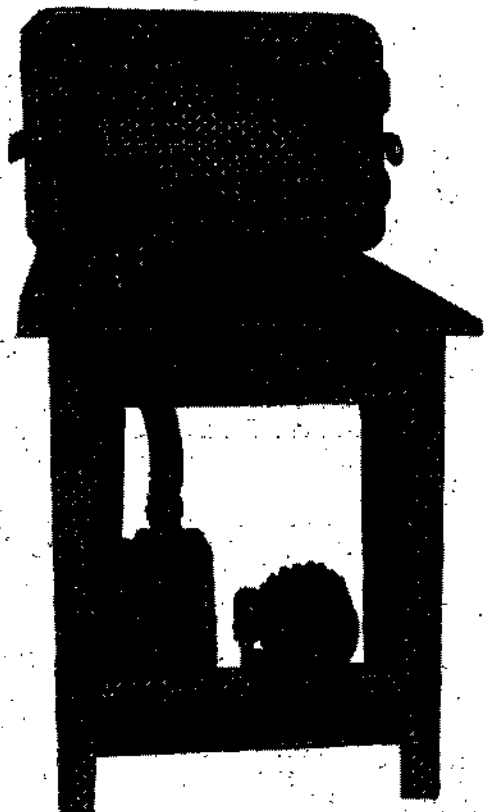
Стенд-движок ПО-17М предназначен для установки четырех радиозондов А-22-III и приведения в действие их механизмов

Рис. 2.4.1. Общий вид барокамеры БК-0,07.

одновременно или поочередно при контрольной поверке узлов давления в барокамере БК-0,07. Стенд-движок устанавливается внутри барокамеры. Он имеет размеры $200 \times 140 \times 100$ мм, массу 2,5 кг и представляет собой металлический каркас с закрепленными на нем четырьмя двигателями СД-60 с редукторами.

Зуммер ПО-15 предназначен для прослушивания кодированных сигналов радиозонда при всех видах поверки и снятия выдержек. Зуммер состоит из промышленного репродуктора и релаксационного генератора звуковой частоты, питаемого от малогабаритной сухой батареи 70 В типа 80-АМЦГ-80ч. Генератор собран на двух транзисторах и вместе с батареей закреплен на внутренней стороне задней панели репродуктора. К радиозонду зуммер присоединяют с помощью электрического шнура с двухштырьковой вилкой.

Ондулятор ПО-19 предназначен для регистрации на бумажной ленте сигналов радиозонда А-22 при контрольных поверках узлов давления в барокамере. Конструктивно ондулятор выполнен в виде отдельного прибора, масса его не превышает 7 кг, габариты $185 \times 250 \times 200$ мм. Устанавливается ондулятор на столе недалеко от барокамеры. Он состоит из регистрирую-



щего устройства, лентопротяжного механизма и специального переключателя. Регистрирующее устройство имеет пишущий узел с пятью перьями; работу перьев обеспечивают электромагниты, включенные в анодную цепь соответствующих ламп. Лентопротяжный механизм состоит из барабана и синхронного двигателя СД-23. Ондулятор питается от сети переменного тока 220 В. Он подключен к радиозонду через стенд-движок ПО-17М, соединительные кабели и переходную клеммную колодку барокамеры БК-0,07.

Аспирационный психрометр предназначен для измерения температуры и влажности воздуха. Психрометр состоит из пары термометров и вентилятора. Время работы составляет 8—10 мин, при этом обеспечивается скорость воздушного потока у резервуаров термометров не менее 2 м/с. Вентилятор приводится в действие от пружинного механизма или электродвигателя. Резервуар правого термометра психрометра обертывают батистом и перед наблюдением его смачивают дистиллированной водой с помощью пипетки. По разности показаний «смоченного» и «сухого» термометров по таблицам определяют влажность воздуха. Аспирационный психрометр большой модели имеет габариты 90×418 мм, его масса 1,1 кг, диапазон измерения относительной влажности от 10 до 100% при температуре окружающей среды от —10 до +40°C, цена деления термометров 0,2°C.

Барометр стационарный (чашечный) ртутный (ГОСТ 4863-55) предназначен для измерения атмосферного давления. Выпускаются два типа барометров: тип СР-А с пределами измерения 810—1070 мбар и тип СР-Б с пределами измерения 680—1070 мбар.

Вентиляционная установка ПО-14 является приспособлением для искусственной вентиляции радиозондов А-22 при выдержках в помещении, обеспечивающим скорость движения воздуха в шахте радиозонда 3—5 м/с. Установка ПО-14 имеет габариты 410×180×200 мм, массу не более 4,8 кг. Конструктивно вентиляционная установка представляет собой плату, на нижней части которой установлен вентилятор, на верхней — патрубок и двигатель СД-60 с редуктором, необходимый для приведения в действие механизма радиозонда А-22-III. Устанавливается ПО-14 на стене, вдали от окон, дверей и каких-либо источников тепла.

Вентилируемая будка А-51 применяется для искусственной вентиляции радиозонда при выдержке на воздухе перед выпуском его в полет. Она представляет собой типовую жалюзийную будку для самописцев, укрепленную на деревянной или металлической подставке и оборудованную вентилятором и другими

узлами, необходимыми для установки радиозонда. В будке обеспечивается скорость воздушного потока не менее 4 м/с.

Волномер ВСТ-1 является переносным резонансным измерителем частоты в диапазоне 150—240 МГц при мощности не менее 0,1 мВт, и предназначен для настройки передатчиков типа ПРБ-1,5, А-36, А-35 и т. п. на рабочую частоту радиотеодолита. Связь радиозондового передатчика с волномером осуществляется с помощью петли связи, соединенной через высокочастотный кабель с объемным резонатором волномера. Отсчет показаний волномера производят по двум лимбам при максимальном отклонении стрелки индикаторного прибора в момент резонанса.

Прибор контроля радиозондовых передатчиков служит для проверки передатчиков по режимам питания перед выпуском радиозонда и для проверки годности комплекта питания (батарей 80-АМЦГ-80ч, 2,9-НМЦ-1,5ч или 80-ПМХС-2ч). Он входит в комплект радиотеодолита «Малахит».

Ампервольтметр АВО-5 предназначен для измерения напряжения и силы тока в цепях переменного и постоянного тока, а также сопротивления постоянному току.

Синхроскоп С1-5 представляет собой осциллограф для исследования импульсных и периодических процессов в электрических цепях. Прибор дает возможность рассматривать импульсы длительностью от 0,1 до 3000 мкс и с частотой следования от 100 Гц до 10 кГц, измерять длительность и амплитуду импульсов, наблюдать кривые периодических процессов и фигуры Лиссажу. Синхроскоп С1-5 как табельное оборудование аэрологической станции предназначен для просмотра формы излучаемых импульсов радиозондовых передатчиков-ответчиков типа А-35 и определения их годности перед выпуском радиозонда. На электронно-лучевой трубке синхроскопа хорошо просматриваются импульсы передатчика как в режиме передачи метеоинформации (в режиме частотно-импульсной модуляции), так и в режиме ответа (суперный шум).

Универсальный источник питания УИП-1 предназначен для питания анодных, экранных, сеточных цепей радио- и электроустройств стабилизированным напряжением постоянного тока и накальных цепей напряжением переменного тока. На аэрологической станции УИП-1 используется для питания различных приборов при ремонте.

2.4.2. Оборудование для проверки радиозондов типа РКЗ

Точность получаемой информации о параметрах атмосферы зависит от правильной организации проверки сохранности метрологических параметров радиозонда по температуре и

влажности и настройки радиоблока. Для подготовки радиозонда к полету на аэрологической станции необходимо следующее оборудование: комплект КИПАС, вентилируемая будка А-51-1, будка психрометрическая, переключатель дистанционный ПД-1, аспирационный психрометр, барометр станционный.

Большинство из перечисленных приборов были кратко рассмотрены в разделе 2.4.1. Здесь остановимся на комплекте контрольно-измерительных приборов аэрологической станции (КИПАС) и дистанционном переключателе ПД-1.

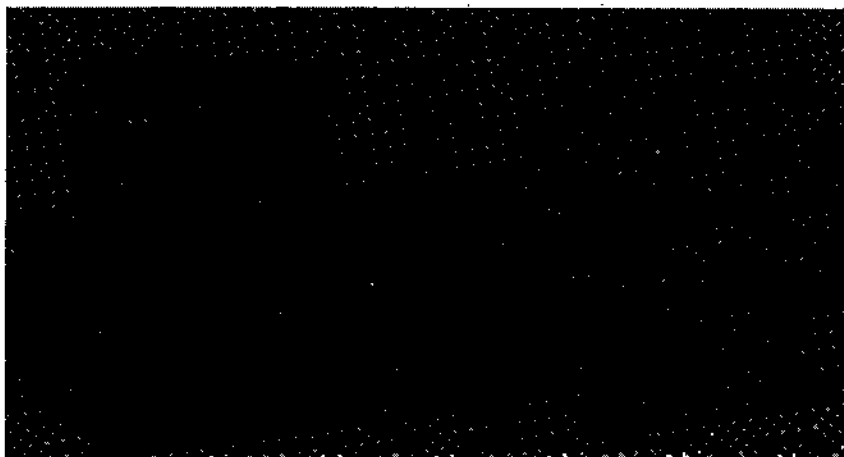


Рис. 2.4.2. Общий вид КИПАС.

Комплект измерительных приборов аэрологической станции КИПАС-1 или КИПАС-1М (рис. 2.4.2) предназначен для проверки следующих электрических параметров радиоблока: величины потребляемого тока по анодным цепям, несущей частоты генератора СВЧ, частоты модулятора 800 кГц, качества ответного сигнала, величины опорной частоты. Комплект КИПАС позволяет также производить проверку и формовку комплекта питания радиозонда.

В состав КИПАС входят следующие приборы: стенд проверки радиоблока и радиозонда СП-1М, запросчик типа З-2, стенд формовки комплекта питания СФ-1, осциллограф импульсный С1-54, частотомер ЧЗ-28, волномер резонансный Ч2-8, переключатель ручной ПР-1, вольтметр М-253.

Приборы, входящие в КИПАС, связаны между собой разъемными электрическими соединениями и расположены на определенном расстоянии друг от друга. Запросчик устанавливается на специальном кронштейне в одном из углов помещения на вы-

соте 1,5—2 м и не ближе 2,5 м от проверяемого радиоблока.

Принцип работы (рис. 2.4.3) заключается в следующем. Излучаемые радиоблоком (радиозондом) сигналы принимаются антенными устройствами стенда СП-1М и волномера Ч2-8. С помощью волномера измеряется несущая частота радиозонда. С детектора антенного устройства стенда напряжение огибающей частоты 800 кГц поступает на вход усилителя-формирователя стенда, затем на осциллограф С1-54, при этом на экране

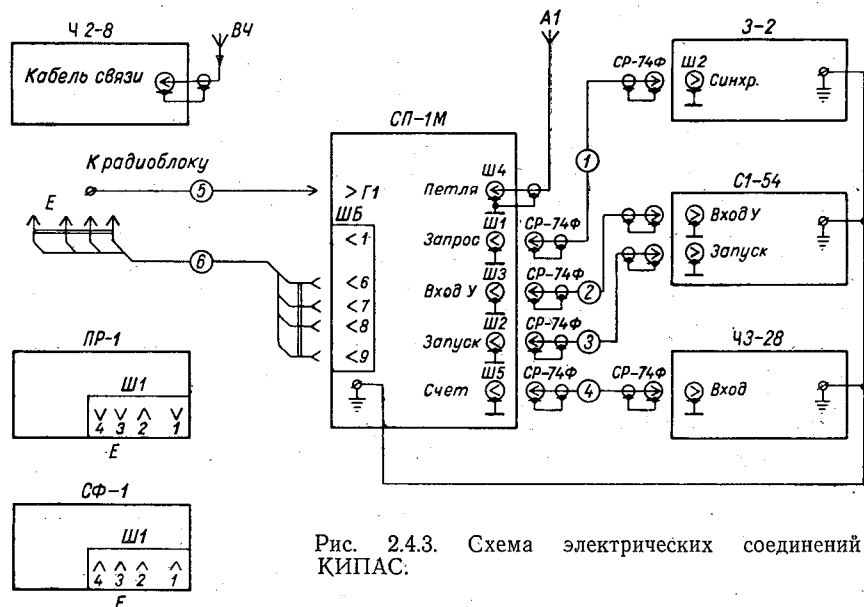


Рис. 2.4.3. Схема электрических соединений КИПАС.

осциллографа можно наблюдать ответный сигнал радиозонда на запросный импульс, излучаемый генератором СВЧ запросчика 3-2. Синхронизация осциллографа осуществляется напряжением, поступающим с блокинг-трансформатора запросчика через стенд СП-1М, а при определении длительности метеопаз в излучении радиозонда осуществляется напряжением, снимаемым с выхода усилителя-формирователя стенда. Для определения частоты модулятора радиоблока на вход волномера Ч2-8 подается частота 800 кГц со стенда СП-1М. Режим работы радиозонда задается путем подключения в его измерительную цепь соответствующих датчиков с помощью переключателя ПР-1.

Стенд СП-1М предназначен для выработки и коммутаций исследуемых сигналов, подачи питания и контроля его при проверке электрических характеристик радиозондов типа РКЗ. Прибор позволяет контролировать и регулировать анодное и накальное напряжения, общий анодный ток, а также анодный ток

отдельных узлов радиоблока, отдельно включать питание узлов радиоблока, проверять частоты измерительного генератора и генератора СВЧ радиоблока и производить ряд других измерений.

Стенд конструктивно представляет собой прибор, состоящий из пяти функциональных узлов: стабилизированного выпрямителя, усилителя-формирователя, усилителя 800 кГц, магазина сопротивлений и контрольно-измерительной части. Все узлы размещены в металлическом футляре. Все разъемные соединения выведены со стороны задней стенки. Антенное устройство стенда имеет механизм, позволяющий перемещать петлю связи на различные расстояния от антенны радиоблока или радиозонда.

Стабилизированный выпрямитель стенда СП-1М предназначен для обеспечения всеми напряжениями проверяемого радиозонда, запросчика и других узлов стенда (рис. 2.4.4).

Усилитель-формирователь предназначен для формирования импульсов счета, излучаемых проверяемым радиозондом, и является связывающим узлом между радиозондом и частотомером ЧЗ-28.

Усилитель 800 кГц служит для выделения модулирующей частоты радиозонда 800 кГц и контроля ее с помощью частотомера ЧЗ-28.

Запросчик З-2 предназначен для формирования и излучения радиоимпульсов запроса с целью проверки радиозонда на «ответ». Передатчик запросчика излучает импульсы длительностью 1,5 мкс и с частотой повторения 6—9 имп/с на несущей частоте 1782 ± 3 МГц.

Стенд СФ-1 предназначен для формовки батарей питания 200-ПМХМ-2ч. Он собран в пластмассовом корпусе, на передней панели установлены контрольные вольтметры типа М-4202 и выключатели нагрузок батарей.

Осциллограф С1-54, входящий в комплект КИПАС, предназначен для визуального просмотра ответного сигнала радиозонда, определения длительности метеопаз, импульсов измерительного генератора и просмотра модулирующего синусоидального напряжения 800 кГц.

Частотомер ЧЗ-28 (или ЧЗ-33) предназначен для измерения количества импульсов, несущих метеоинформацию в режимах опорной частоты, температуры, влажности, а также для измерения частоты модулирующего напряжения 800 кГц.

Волномер Ч2-8 (или Ч2-9) предназначен для измерения несущей частоты радиозонда.

Вольтамперметр М-253 используется как контрольный прибор при проверке стенда СП-1М, стенда СФ-1, запросчика З-2 и при ремонте радиоблоков радиозондов РКЗ.

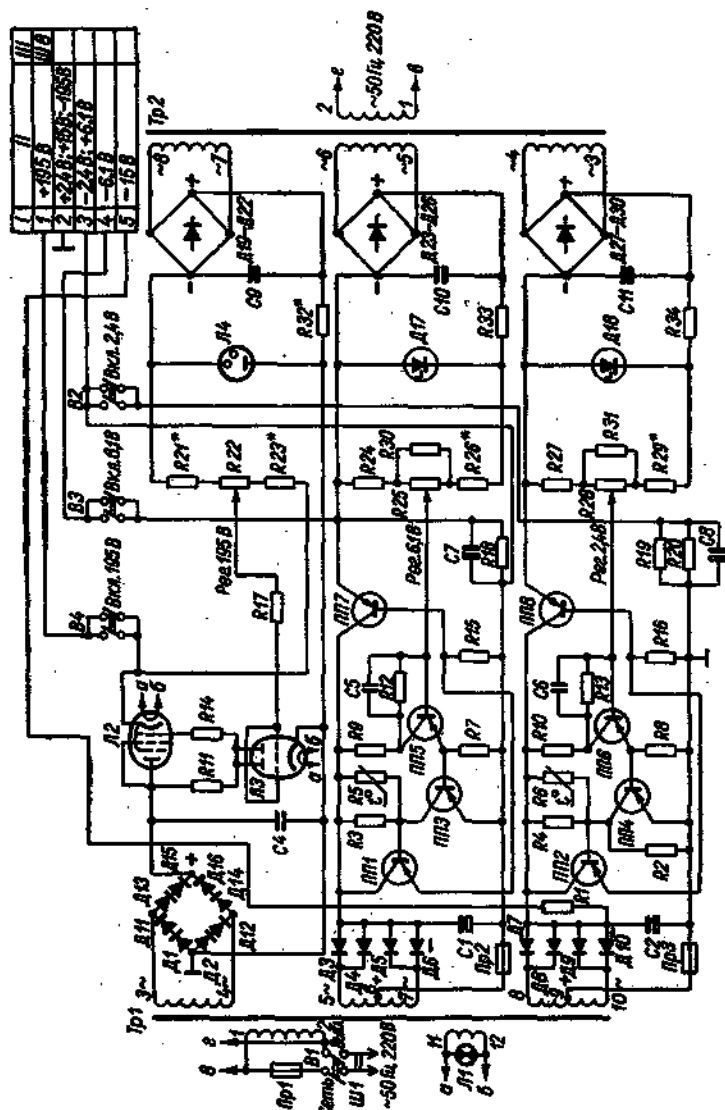


Рис. 2.4.4. Схема стабилизированного выпрямителя
стенда СП-1М.

Принцип работы и руководство по применению приборов М-253, С1-54, ЧЗ-28, ЧЗ-8 изложены в технических описаниях, прилагаемых к приборам заводами-изготовителями.

Ручной переключатель ПР-1 предназначен для предполетной проверки радиозонда, не имеющего в своей конструкции дублера баропереклювателя, по температуре и влажности (рис. 2.4.5). С помощью щеточного переключателя «В» можно подключать в определенной последовательности в измеритель-

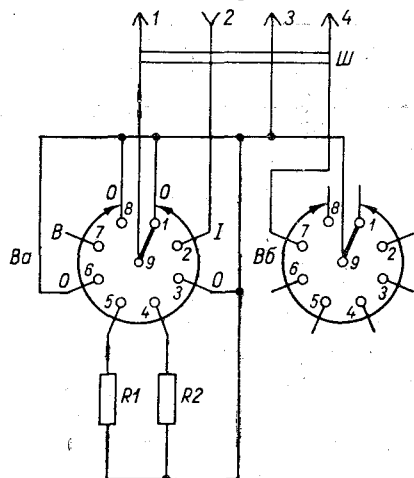


Рис. 2.4.5. Схема переключателя ПР-1.

ную цепь радиозонда следующие датчики: высокостабильный резистор $R2$ типа МВСГ с сопротивлением 20 кОм, высокостабильный резистор $R1$ типа МВСГ с сопротивлением 200 кОм, датчики влажности и температуры.

Переключатель ПР-1 позволяет соединять накоротко измерительную цепь для проверки опорной частоты измерительного генератора.

Прибор собран в отдельной коробке. Радиозонд подключается к прибору через контактную колодку.

Дистанционный переключатель ПД-1 предназначен для контрольной проверки радиозонда в наземных условиях путем дистанционного подключения датчиков в измерительную цепь радиозонда. Проверка осуществляется оператором станции. Прибор позволяет подключать в измерительную цепь радиозонда датчик температуры (терморезистор), контрольные резисторы 20 кОм и 200 кОм и датчик влажности.

С помощью ПД-1 можно замыкать накоротко датчик температуры для снятия опорной частоты радиоблока.

Конструктивно дистанционный переключатель выполнен в виде двух узлов: 1) переключателя положений, в котором смонтирован щеточный переключатель 8П1Н1 и два штекера с проводами для подключения напряжения питания 12 В; 2) коммутатора, в корпусе которого размещены реле и два контрольных резистора. Коммутатор имеет колодку для подключения его к радиозонду при предполетной проверке. Связь между коммутатором, устанавливаемом в будке А-51-1, и переключателем положений, находящимся в помещении станции, осуществляется с помощью пятижильного кабеля типа РПШ-6 длиной 150 м.

2.4.3. Требования к оборудованию для контрольных проверок радиозондов

Для обеспечения сохранения точностных характеристик измерительных приборов, табельного поверочного оборудования аэрологических станций необходимо все приборы предъявлять на периодическую поверку. Электронно-измерительные и электрические приборы — волномер ВСТ-1, ампервольтметр АВО-5, синхроскоп С1-5, осциллограф С1-54, частотомер ЧЗ-28, волномер ЧЗ-8, вольтамперметр М-253, генератор Г-4-18А и др. — должны ежегодно проверяться в контрольных лабораториях Государственного комитета стандартов. Метеорологические приборы (манометр МБП, аспирационный психрометр, термометры, волосной гигрометр и т. п.) должны проверяться ежегодно в бюро поверки УГМС, за исключением станционного ртутного барометра, который проверяется один раз в три года. Остальные приборы — барокамера БК-0,07, стенд-движок ПО-17М, зуммер ПО-15, ондулятор ПО-19, вентиляционная установка ПО-14, вентилируемая будка А-51, прибор контроля передатчиков, стенд поверки СП-1М, запросчик З-2, стенд формовки СФ-1, переключатель ручной ПР-1, переключатель дистанционный ПД-1 — проверяются при необходимости, но не реже одного раза в год, специалистами аэрологической станции по методике, изложенной в технической документации на указанные приборы.

Как и всякое точное оборудование, перечисленные приборы и устройства требуют аккуратного обращения и ухода в процессе эксплуатации. При эксплуатации приборов необходимо их периодически осматривать, удалять пыль чистой тряпкой или пылесосом. При ремонте приборов вышедшие из строя элементы (резисторы, конденсаторы и др.) заменять идентичными с соответствующими номинальными характеристиками. Профилактические работы подразделяются на ежедневные, еженедельные, ежемесячные и ежегодные. При этом выполняются операции, предусмотренные в технических описаниях приборов. Важное значение имеют годовые профилактические работы, при которых выполняются следующие операции: внешний осмотр приборов, проверка надежности крепления органов управления, проверка состояния лакокрасочных и гальванических покрытий, проверка комплектации приборов и исправности соединительных кабелей, проверка общей работоспособности, проверка параметров приборов на соответствие паспортных характеристик.

При ремонте необходимо помнить, что отдельные детали приборов находятся под опасным для жизни напряжением.

РАДИОТЕХНИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА,
ПРИМЕНЯЕМЫЕ
ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА
АЭРОЛОГИЧЕСКИХ НАБЛЮДЕНИЙ

Часть третья.

Глава 3.1.

РАДИОТЕОДОЛИТ «МАЛАХИТ»

3.1.1. Общие сведения

Радиотеодолит «Малахит» является пеленгаторным устройством, определяющим азимут и угол места пеленгуемого радиопередатчика (ПРБ-1,5, А-35, А-36), сопряженного с радиозондом (А-22) и выпущенного в свободный полет на оболочке, наполненной водородом. Одновременно радиотеодолит обеспечивает слуховой прием сигналов температуры, давления и влажности, передаваемых радиозондом, с регистрацией сигналов через полуавтоматический регистратор ПР-4 или непосредственно через автоматический регистратор ПР-16 на бумажную ленту.

Радиотеодолит имеет следующие основные технические характеристики:

1) дальность действия радиотеодолита не менее 100 км при высоте полета радиозонда до 25—30 км;

2) мощность пеленгуемого передатчика не менее 0,1 Вт;

3) максимальная ошибка определения угловых координат радиозонда не более 1,75°;

4) вероятная случайная ошибка измерения в диапазонах по вертикальному углу от 16 до 75° и по азимуту от 0 до 360° не более 0,3°;

5) приемник радиотеодолита позволяет принимать на слух импульсно-модулированные сигналы с частотой повторения 300—600 имп/с или через катодный повторитель ПР-21 осуществлять прием сигналов с помощью автоматического регистратора ПР-16;

6) ширина диаграммы направленности антенной системы по уровню 0,7 $U_{\text{макс}}$ составляет 18°;

7) чувствительность приемника в диапазоне 215—218 МГц при отношении $\frac{U_{\text{сигн}} + U_{\text{шум}}}{U_{\text{шум}}} = 2$ не хуже 8 мкВ;

8) питание радиотеодолита осуществляется током 50 Гц, 127 или 220 В от промышленной сети или от агрегата питания АБ-2-0/230 на 220 В, 50 Гц;

9) мощность, потребляемая радиотеодолитом от источника питания, при всех включенных блоках не превышает 1500 Вт.

3.1.2. Состав, устройство и принцип работы

В состав комплекта аппаратуры радиотеодолита «Малахит» (рис. 3.1.1) входят: антенны типа «волновой канал»,



Рис. 3.1.1. Общий вид радиотеодолита «Малахит».

антенный коммутатор, привод антенны, приемник, индикатор угловых координат, блок питания, блок распределения и защиты, блок точного отсчета, зарядное устройство, силовой щиток, агрегат питания АБ-2-0/230, волномер ВСТ-1, измерительный прибор АВО-5, визир прожекторный В8-П, 15) ЗИП и техническая документация.

Вся аппаратура радиотеодолита размещается в прицепе типа «700» или в здании аэрологической станции.

Радиотеодолит принимает сигналы передатчика радиозонда, работающего на частоте 216 МГц. Эти сигналы подобны тонально-модулированным радиотелеграфным сигналам. Одновременно с приемом сигналов радиозонда производится пеленгация

передатчика, т. е. определяются его угловые координаты — азимут и угол места. Определение угловых координат радиозонда осуществляется по принципу равносигнальной зоны.

Антенная система радиотеодолита имеет высокую направленность. Система состоит из четырех антенн (две антенны азимута и две — угла места), фазирующей системы и антенного коммутатора, с помощью которого создается перемещение диаграммы направленности антенной системы в пространстве. Сигналы от радиозонда, принятые приемником радиотеодолита, преобразуются в нем и направляются по двум каналам: каналу индикатора угловых координат и каналу слухового приема сигналов радиозонда.

Индикатор угловых координат работает по схеме с амплитудной отметкой пеленга радиозонда. Индикация пеленга по азимуту и углу места объединена на экране одной электронно-лучевой трубки 8ЛО29. На экране трубки видны две пары импульсов различной амплитуды. Вращением штурвалов азимута и угла места оператор устанавливает антенну радиотеодолита так, чтобы импульсы каждой пары имели одинаковую амплитуду, что соответствует положению «Пеленг» по каждой координате.

Отсчет показаний азимута и угла места производится по шкалам, установленным на осях сельсинов-приемников в блоке точного отсчета, электрически связанных с сельсинами-датчиками. Сельсины-датчики через систему редукторов связаны с осями вращения антенны по азимуту и углу места. По каждой из координат в блоке точного отсчета имеется по два сельсина-приемника: один — сельсин грубого отсчета, дающий возможность оператору производить отсчеты с точностью до 2° , другой — сельсин точного отсчета, позволяющий производить отсчет с точностью до $0,1^\circ$.

В состав основной аппаратуры радиотеодолита (рис. 3.1.2) входят следующие системы и блоки: антенно-фидерная система, приемник, индикатор угловых координат, блок питания, блок распределения и защиты, силовой щиток, привод антенны, блок точного отсчета и зарядное устройство.

Принятые антенной системой радиотеодолита сигналы от радиозонда через высокочастотную секцию антенного коммутатора подаются на приемник. Низкочастотная секция антенного коммутатора управляет работой индикатора угловых координат.

Изменение положения диаграммы направленности антенной системы происходит синхронно с модуляцией напряжения, даваемого генератором управляющих напряжений (ГУН), вращающимся ступенчатым переменным конденсатором низкочастотной секции антенного коммутатора. Управляющее напряжение в индикаторе угловых координат формирует импульсы,

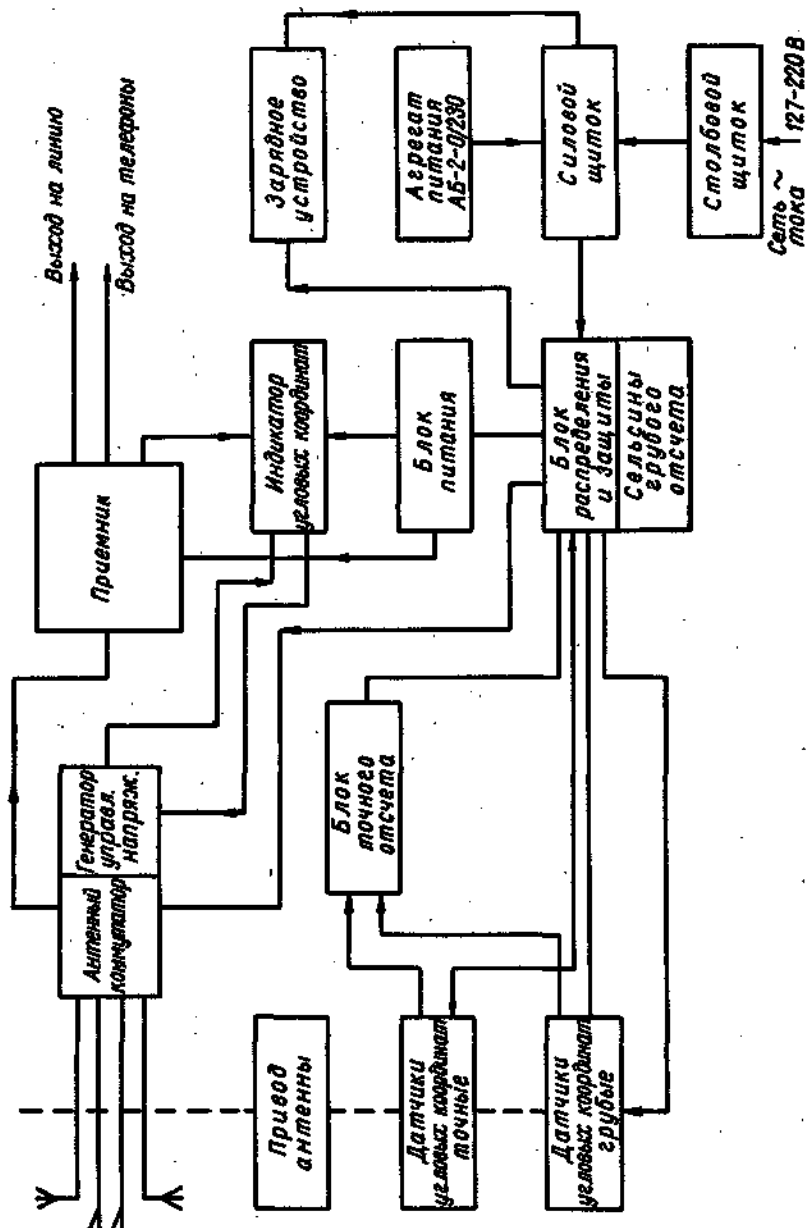


Рис. 3.1.2. Блок-схема радиотеодолита «Малахит»

запирающие электронный луч на экране электронно-лучевой трубки в моменты перехода диаграммы направленности антенной системы в пространстве из одного крайнего положения в другое и напряжение раздвижения видеоимпульсов. Поэтому импульсы, наблюдаемые оператором на экране трубки индикатора угловых координат, соответствуют крайним положениям диаграммы направленности антенной системы радиотеодолита.

Основные блоки радиотеодолита выполняют следующие функции:

- антенно-фидерная система с антенным коммутатором предназначена для формирования и переключения диаграммы направленности в пространстве, она позволяет принимать сигналы и определять угловые координаты радиозонда;

- приемник служит для преобразования и дальнейшего усиления принятых антенно-фидерной системой сигналов радиозонда до значений, необходимых для визуального наблюдения их на экране индикатора угловых координат, а также для слухового или автоматического приема метеорологической информации;

- индикатор угловых координат обеспечивает визуальное наблюдение на экране электронно-лучевой трубки сигналов радиозонда (в виде двух пар импульсов), с помощью которых производится пеленг по угловым координатам;

- блок питания предназначен для обеспечения всеми необходимыми напряжениями приемника, индикатора угловых координат и генератора управляющих напряжений;

- блок распределения и защиты (БРЗ) предназначен для включения и выключения питания, контроля и регулировки входных напряжений, подаваемых к блокам радиотеодолита;

- силовой щиток необходим для подключения аппаратуры радиотеодолита к источнику электропитания;

- привод антенной колонки служит для наведения антенной системы радиотеодолита на пеленгуемый передатчик радиозонда;

- блок точного отсчета предназначен для отсчета значений азимута и угла места в момент пеленга по шкалам;

- зарядное устройство обеспечивает подзарядку аккумулятора аварийного освещения кузова.

3.1.3. Антенно-фидерная система

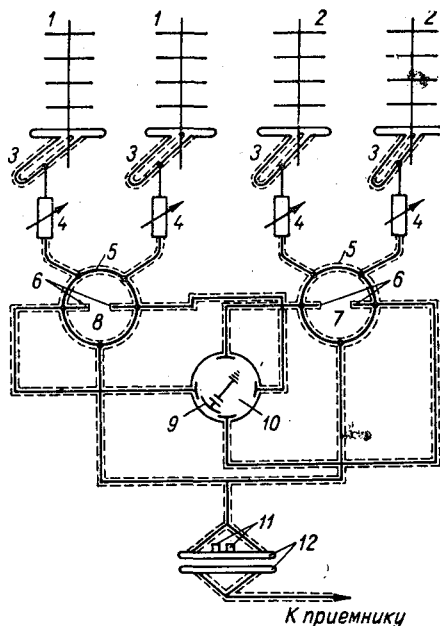
Антенно-фидерная система (АФС) предназначена для приема сигналов радиозонда и определения его угловых координат в любой точке пространства (см. рис. 1.4.6). Вращение антенны осуществляется ручным механическим приводом по азимуту на

360° и по углу места от 0 до 90°. АФС имеет следующие основные характеристики:

- 1) ширина диаграммы направленности антенны по уровню 0,7 от максимальной напряженности поля равна $18 \pm 2^\circ$;
- 2) уровень пересечения диаграммы направленности по напряжению равен 0,77—0,85 от максимального уровня;
- 3) изменение пеленгового направления, обусловленное конструкцией АФС, не более $0,35^\circ$;

Рис. 3.1.3. Функциональная схема антенно-фидерной системы.

1 — антенны азимута, 2 — антенны для угла места, 3 — U-колени, 4 — юстираторы, 5 — фазосдвигающие отрезки, 6 — компенсационные шлейфы, 7 — угломестное фазированное кольцо, 8 — азимутальное фазированное кольцо, 9 — ротор антенного коммутатора, 10 — антенный коммутатор, 11 — короткозамкнутые шлейфы, 12 — токосъемник высокой частоты.



- 4) величина боковых лепестков диаграммы направленности не более 25% по напряжению;

- 5) коэффициент бегущей волны в фидере в сторону антенны при любом угле поворота антенной системы в рабочем диапазоне не ниже 0,5.

Антенно-фидерная система (рис. 3.1.3) состоит из четырех антенн типа «волновой канал», расположенных в вершинах квадрата с диагональю $1,8 \lambda$. Каждая антенна имеет сетчатый рефлектор, петлевой вибратор и четыре директора, укрепленных на стреле из тонкостенной стальной трубы.

Высокочастотные кабели питания предназначены для передачи электромагнитной энергии от антенны к фазированной системе. Кабели питания изготавливаются из высокочастотного коаксиального кабеля марки РК-103 с волновым сопротивлением 75 Ом.

Юстираторы 4 представляют собой отрезки жесткого коаксиального кабеля переменной длины с малыми потерями энергии. Юстираторы используются для корректировки станций, т. е. для совмещения электрической оси антенной системы с ее геометрической осью путем изменения электрической длины

кабеля питания каждого волнового канала. Юстираторы позволяют изменять пеленговое направление антенны в пространстве в пределах $\pm 1,5^\circ$.

Фазирующая система с антенным коммутатором, предназначенная для создания равносигнальной зоны в горизонтальной и вертикальной плоскостях путем поочередной рас-

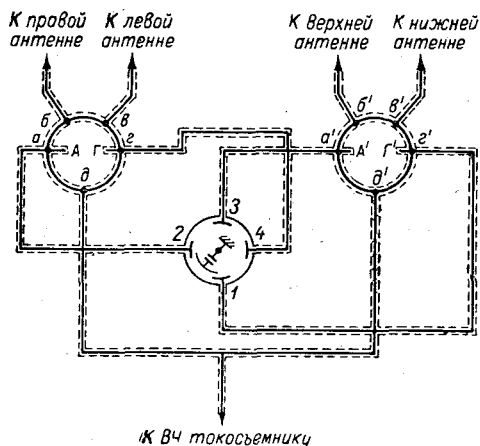


Рис. 3.1.4. Принципиальная схема фазирующей системы с антенным коммутатором.

фазировки «волновых каналов» 7, 8 (рис. 3.1.3), размещена в блоке антенного коммутатора.

Фазирующая система (рис. 3.1.4) состоит из двух фазирующих колец: азимутального (АГ) кольца, создающего качание диаграммы направленности по азимуту, и

угломестного (А' Г') кольца, обеспечивающего качание диаграммы направленности по углу места. Каждое фазирующее кольцо состоит из четырех четвертьволновых отрезков ab , ad , vg , gd и фазирующего отрезка bv . Рассмотрим работу одного фазирующего кольца (например, азимутального). При подключении емкости к точке 2, в точке a фазирующего кольца получается короткое замыкание. Поскольку длина отрезков ab и ad равна $\frac{\lambda}{4}$, то в точках b и d создается бесконечно большое сопротивление. Поэтому энергия проходит только по отрезку vd и азимутальные антенны запитываются со сдвигом фазы, обусловленным длиной фазосдвигающего отрезка bv . Поскольку при этом фаза питания правой антенны отстает от левой, то диаграмма направленности поворачивается вправо. Таким же образом при подключении емкости к точке 4 диаграмма направленности поворачивается влево. Угломестное кольцо работает аналогично. Для компенсации начальных емкостей антенного коммутатора фазирующие кольца имеют шлейфы aA , $gГ$, $a'A'$, $g'Г'$.

Токосъемник высокой частоты 12 (см. рис. 3.1.3) обеспечивает передачу электромагнитной энергии от фазирующей системы, установленной на подвижной части привода антенны, к приемнику радиотеодолита с минимальными потерями при любом из углов поворота антенной системы по азимуту.

Токосъемник выполнен в виде разъемной кольцевой коаксиальной жесткой конструкции. К двум диаметрально противоположным точкам на каждом кольце (верхнем и нижнем) присоединены отрезки гибкого кабеля длиной $\lambda/4$. Длина $\lambda/4$ выбрана для согласования вращающегося соединения с волновым сопротивлением фидера. Для уменьшения зависимости коэффициента бегущей волны в токосъемнике от угла поворота к двум точкам верхнего кольца присоединены короткозамкнутые шлейфы, выравнивающие распределение напряжения вдоль длины кольца.

В комплект АФС входят четыре высокочастотных соединительных кабеля: два марки РК-101 и два марки РК-103; соединение кабелей осуществлено с помощью высокочастотных 75-омных разъемов.

Неотъемлемой частью АФС является антенный коммутатор, который служит для изменения положения диаграммы направленности антенной системы в пространстве и для получения напряжений раздвижения и гашения электронного луча в индикаторе. Эти напряжения определяются изменением положения диаграммы направленности антенной системы в пространстве.

Антенный коммутатор бесконтактного типа имеет высокочастотную и низкочастотную секции, которые представляют собой вращающиеся переменные конденсаторы специальной конструкции; вращение их обеспечивается синхронным электродвигателем СОД-220. Через высокочастотные разъемы к неподвижным пластинам высокочастотной секции подключены соответствующие точки фазирующей системы. Ротор высокочастотной секции выполнен в виде четверти гребенчатого цилиндра, состоящего из 15 пластин. На статоре высокочастотной секции по окружности с интервалом 90° расположены четыре гребенчатые пластины, изолированные от корпуса. При вращении ротора антенного коммутатора изменяются емкости статорных пластин секции относительно земли, что обеспечивает изменение положения диаграммы направленности антенн в пространстве с одновременной модуляцией управляющего напряжения. Эту функцию выполняет низкочастотная секция антенного коммутатора, состоящая из торцевого цилиндрического конденсатора переменной емкости и дискового конденсатора постоянной емкости. Вращающийся секторный ротор конденсатора состоит из нескольких концентрично расположенных цилиндрических секторов, входящих в прорези секторов статора, и находится на одной оси с ротором высокочастотной секции. Количество пластин в секторах статора низкочастотной секции меняется вдоль окружности, что создает изменение емкости при вращении.

В блоке антенного коммутатора размещен генератор управляющих напряжений, который предназначен для

получения переменных напряжений, создающих перемещение электронного луча по экрану электронно-лучевой трубки индикатора, и гашения его на время перехода по экрану трубки из одного положения в другое.

Генератор вырабатывает напряжение с частотой 300 кГц и амплитудой не менее 45 В, которое подается на входную часть статора вращающегося конденсатора низкочастотной секции, где оно модулируется синхронно с перемещением в пространстве диаграммы направленности антенной системы радиотеодолита. Промодулированное управляющее напряжение снимается с выходной части статора вращающегося конденсатора и поступает на вход катодного детектора.

После детектирования выделяется огибающая модулированного управляющего напряжения, которое через токосъемник низкой частоты подается на вход индикатора угловых координат.

Конструктивно генератор управляющих напряжений выполнен в виде съемного блока на отдельном шасси. Подключение генератора к схеме антенного коммутатора осуществляется с помощью штепсельной колодки.

Антенный коммутатор собран на литом силуминовом шасси, на котором размещены блок вращающихся конденсаторов, генератор управляющих напряжений, кабели фазирющей системы, юстираторы и синхронный электродвигатель СОД-220. Шасси антенного коммутатора сверху защищено кожухом, а снизу поддоном, закрепленным на винтах.

3.1.4. Приемное устройство

Приемное устройство радиотеодолита (приемник) предназначено для приема и усиления принятых антенной сигналов радиозонда, преобразования их в импульсы, удобные для наблюдения на экране индикатора, и приема на слух с помощью телефонов.

Приемник (рис. 3.1.5) состоит из следующих основных элементов: 1) высокочастотной головки, в которой заключены усилитель высокой частоты (УВЧ) и преобразователь частоты; 2) усилителя промежуточной частоты (УПЧ), в котором производится основное усиление по промежуточной частоте; 3) детектора; 4) видеоусилителя; 5) автоматической регулировки усиления (АРУ); 6) усилителя низкой частоты (УНЧ).

Высокочастотный сигнал радиозонда поступает от антенного коммутатора через высокочастотный токосъемник на усилитель высокой частоты приемника. Усилитель высокой частоты состоит из двух каскадов, выполненных по схеме резонансного усиления на лампах типа 6Ж1П. Коэффициент

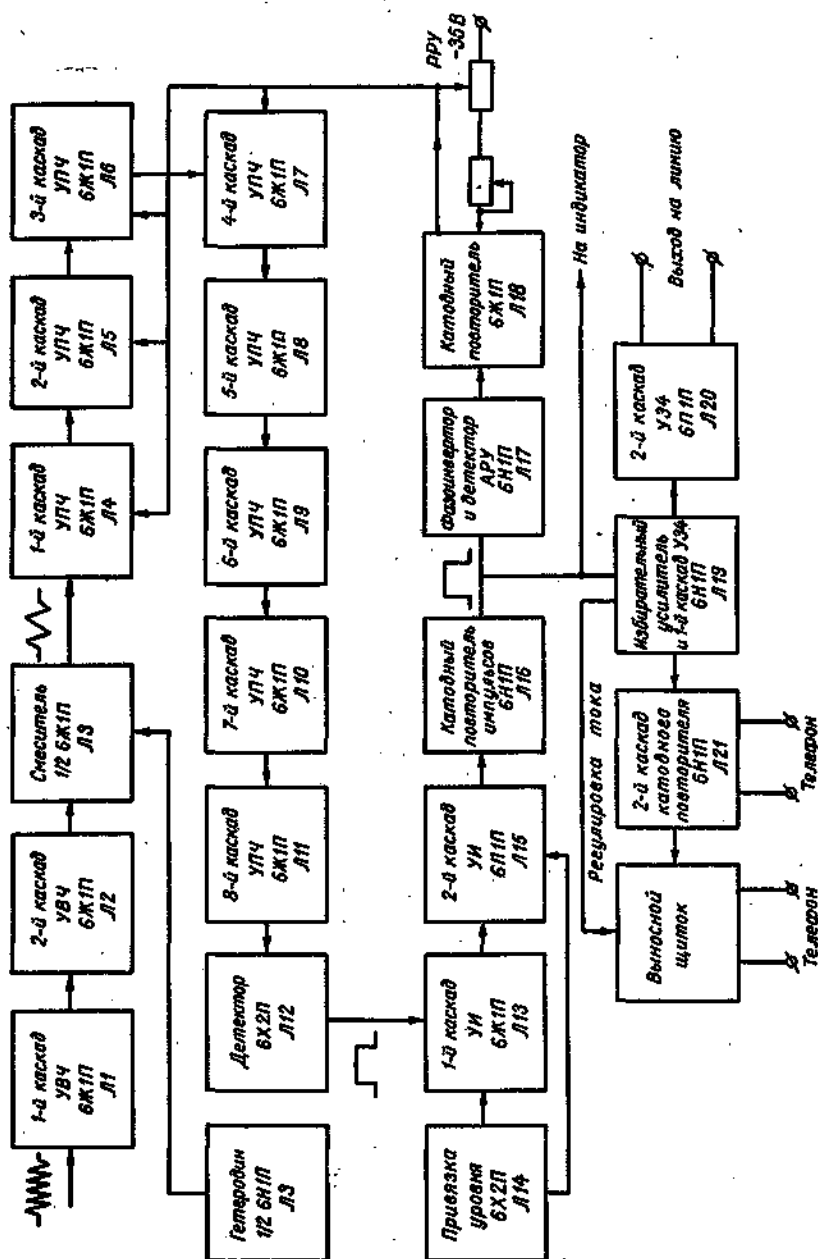


Рис. 3.1.5. Блок-схема приемника.

усиления УВЧ равен примерно 10 при полосе пропускания порядка 10 МГц. Настройка контуров УВЧ производится с помощью латунных сердечников, перемещающихся внутри катушек. Поскольку УВЧ имеет достаточно широкую полосу, контуры настраиваются на основную рабочую частоту 216 МГц; подстраиваются контуры только при смене ламп, так как входная емкость ламп влияет на расстройку контура. Анодные и катодные сетки питаются от источника 120 В.

Преобразователь частоты предназначен для преобразования частоты сигнала в промежуточную частоту 30 МГц. Преобразователь состоит из смесителя и гетеродина, выполненных на лампе 6Н1П. Гетеродин представляет собой маломощный генератор с самовозбуждением, выполненный по схеме с контуром, включенным между анодом и сеткой, которая приводится к трехточечной схеме с емкостной связью. Рабочая частота гетеродина 186 МГц; настройка гетеродина на эту частоту производится изменением индуктивности контура с помощью латунного сердечника. На второй половине лампы 6Н1П собран смеситель; напряжение от гетеродина на смеситель подается через катодное сопротивление, которое является общим для смесителя и гетеродина. Смеситель преобразует напряжение гетеродина и сигнала в напряжение промежуточной частоты, которое выделяется анодным контуром, настроенным на 30 МГц.

Усилитель промежуточной частоты предназначен для усиления сигнала по промежуточной частоте и формирования полосы пропускания частот. В УПЧ осуществляется основное усиление сигнала. Усилитель выполнен на лампах 6Ж1П по схеме резонансного усиления с одиночными контурами, настроенными на одну частоту, и параллельным анодным питанием. УПЧ состоит из восьми однотипных каскадов. Колебательные контуры каскадов состоят из индуктивностей и междуэлектродных емкостей ламп: общая емкость контура около 20 пФ. Настройка контуров на промежуточную частоту производится изменением индуктивности катушек при помощи латунных сердечников. Полоса пропускания усилителя промежуточной частоты на уровне 0,7 от максимального напряжения составляет 2,5—4,0 МГц. Коэффициент усиления УПЧ порядка $1,5 \cdot 10^5$. Автоматическая, ручная и фиксированная регулировка усиления осуществляется подачей отрицательного напряжения на управляющие сетки первых четырех каскадов УПЧ. Анодные и экранные напряжения на лампы подаются от источника 120 В.

Детектор предназначен для выделения огибающей высокочастотного сигнала. Он выполнен на половине лампы 6Х2П. В результате детектирования на сопротивлении нагрузки детектора выделяются положительные импульсы напряжения, кото-

рые через дроссель подаются на усилитель импульсов. Вторая половина лампы используется для устранения возможности появления большого положительного потенциала ($>1,0$ В) на управляющих сетках регулируемых ламп УПЧ.

Видеоусилитель (усилитель импульсов) предназначен для усиления видеоимпульсов до амплитуды, обеспечивающей нормальную работу индикатора угловых координат. Первый каскад видеоусилителя собран на лампе 6Ж1П по схеме реостатного усилителя с отрицательной обратной связью по току. Второй каскад выполнен на лампе 6П1П и предназначен для получения линейной характеристики усилителя импульсов до 100 В. Третий каскад видеоусилителя выполнен на лампе 6Н1П по схеме катодного повторителя. Общий коэффициент усиления видеоусилителя равен 65. Регулировка полосы пропускания осуществляется в усилителе импульсов с помощью емкостей, подключающихся к сетке лампы второго каскада, при этом происходит сужение полосы пропускания за счет шунтирования анодной нагрузки первого каскада. Все каскады усилителя импульсов питаются от источника 280 В.

Автоматическая регулировка усиления (АРУ) поддерживает постоянным уровень выходных сигналов, поступающих в канал пеленга. Схема АРУ собрана на двух лампах: 6Н1П и 6Ж1П. Часть выходного напряжения с нагрузки катодного повторителя подается на фазоинвертор, собранный на левой половине двойного триода 6Н1П. Отрицательные импульсы, выделяемые на сопротивлении нагрузки, подаются через разделительный конденсатор на катод детектора АРУ, который собран на правой половине лампы 6Н1П. Кроме того, на катод детектора АРУ подается положительное напряжение задержки +50 В. Отрицательное напряжение с детектора АРУ подается на каскад с катодной нагрузкой (лампы 6Ж1П). Этот каскад вырабатывает напряжение, управляющее усилением первых четырех каскадов УПЧ.

Усилитель низкой частоты (УНЧ) обеспечивает слуховой прием импульсно-модулированных сигналов с частотой повторения от 300 до 600 Гц. На вход УНЧ сигнал подается с делителя катодного повторителя. Усилитель звуковой частоты (УЗЧ) состоит из избирательного усилителя, выполненного на одной половине лампы 6Н1П, усилителя мощности для линии, выполненного на лампе 6П1П, усилителя напряжения (вторая половина лампы 6Н1П) и двух катодных повторителей для телефонов, выполненных на лампе 6Н1П. Питание по анодным и экранным цепям усилителя звуковой частоты осуществляется от источника 280 В.

3.1.5. Индикатор угловых координат

Индикатор угловых координат (рис. 3.1.6) предназначен для визуального наблюдения на экране электронно-лучевой трубки сигналов радиозонда в виде двух пар импульсов, позволяющих одновременно определять моменты пеленга по азимуту и углу места. Индикатор работает в двух режимах: «Работа» и «Контроль». В режиме «Работа» осуществляется пеленг радиозонда по угловым координатам, в режиме «Контроль» включается схема ждущей развертки, которая запускается сигналами радиозонда, и эти сигналы наблюдаются на экране трубки.

Индикация пеленга по азимуту и углу места осуществляется на одной трубке, поэтому на экране трубки оператор видит одновременно две пары импульсов. Одна пара импульсов соответствует азимуту (δ_1 и δ_2), а вторая — углу места (α_1 и α_2). Расстояние между парами импульсов в рабочем режиме составляет 12—14 мм. Равенство импульсов δ_1 и δ_2 или α_1 и α_2 на экране трубки достигается вращением соответствующего штурвала в сторону меньшего импульса (рис. 3.1.7).

Рассмотрим работу индикатора в режиме «Работа». В этом режиме в индикаторе работают два канала — канал раздвижения импульсов и канал гашения луча. Управляющее напряжение с выхода катодного детектора генератора управляющих напряжений через разделительный конденсатор и ограничительное сопротивление поступает на лампу $L1$ (6Х2П) ограничителя напряжения раздвижения, который выполнен по схеме двухстороннего параллельного ограничителя. В анодной цепи $L1б$ установлен потенциометр, который позволяет регулировать уровень ограничения снизу, т. е. регулировать расстояние между импульсами угла места, поэтому потенциометр выведен под шлиц на переднюю панель с обозначением «Раздвижение угла места». В катодной цепи лампы $L1а$ установлен потенциометр «Раздвижение азимута», с помощью которого осуществляется ограничение сверху, т. е. регулировка расстояния между импульсами азимута. После ограничения управляющее напряжение через контакты переключателя $B1$ поступает на усилитель горизонтального отклонения, собранный на лампе $L2$ (6Н1П), с которого паразитное напряжение раздвижения подается на горизонтально отклоняющие пластины электронно-лучевой трубки. Первый каскад усилителя работает на лампе $L2а$ по схеме усилителя с отрицательной обратной связью по току за счет катодных сопротивлений. Одно из них является переменным; с его помощью осуществляется общая регулировка усиления, дающая возможность изменить расстояние между парами импульсов, поэтому ось его выведена под шлиц на переднюю панель с надписью «Ампл.

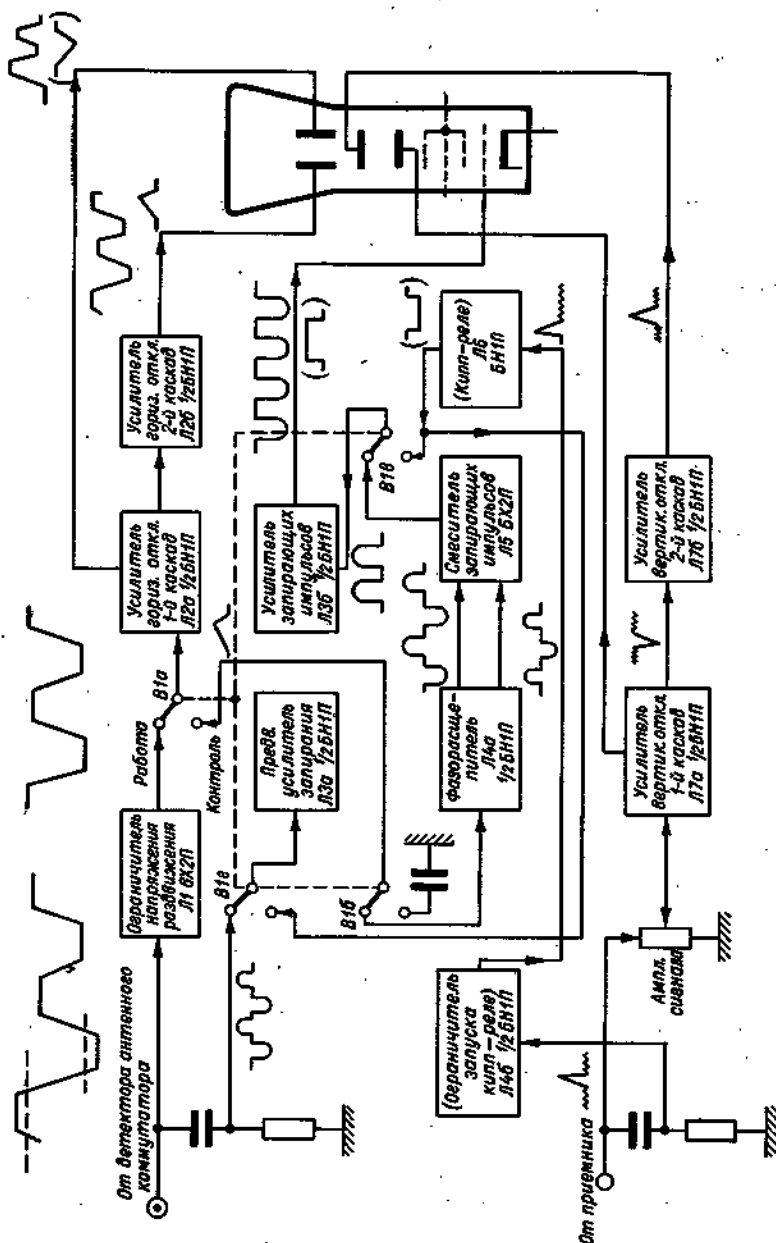


Рис. 3.1.6. Функциональная схема индикатора угловых координат.

В скобках указаны функции каскадов и формы напряжений для режима «Контроль».

раздвиж.». Максимальный коэффициент усиления первого каскада равен 12—14, что обеспечивает раздвижение импульсов на 15—20 мм. Второй каскад усилителя работает на лампе *Л2б*; этот каскад также работает по схеме усилителя с отрицательной обратной связью по току.

Рассмотрим работу канала гашения луча. Напряжение огибающей с генератора управляющего напряжения одновременно поступает на диодный ограничитель *Л1* и дифференцирующую цепочку, на выходе которой формируются импульсы с чередующейся полярностью и амплитудой 9—11 В. Через переключатель

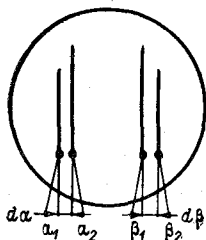


Рис. 3.1.7. Вид изображения на экране индикатора.

тель *В1* эти импульсы поступают на сетку лампы *Л3а* (6Н1П) предварительного усилителя гасящих импульсов. Усиленные импульсы поступают на фазорасщепитель, собранный на лампе *Л4а* (6Н1П). С анода и катода этой лампы импульсы противоположных полярностей подаются на диодный смеситель, работающий на лампе *Л5* (6Х2П). При подаче на диоды положительных импульсов на сопротивлении нагрузки, включенном в цепь катода лампы *Л5*, выделяются импульсы положительной полярности с амплитудой порядка 50 В и периодом повторения 0,01 с. Импульсы со смесителя поступают на усилитель гасящих импульсов, собранный на лампе *Л3б* (6Н1П). Усиленные импульсы отрицательной полярности, снимаемые с анодной нагрузки, подаются на модулятор электронно-лучевой трубки, запирая ее на время перехода электронного луча из одного положения в другое.

Одновременно на вертикально отклоняющие пластины электронно-лучевой трубки подаются с выхода приемника сигналы радиозонда, усиленные парафазным усилителем, собранным на лампе *Л7* (6Н1П). Коэффициент усиления этого усилителя составляет 4—5, что в два-три раза превышает коэффициент усиления, необходимый для получения на экране индикатора импульсов высотой 40—45 мм.

При работе индикатора в режиме «Контроль» используются каскады: кipp-реле на лампе *Л6* (6Н1П) и ограничитель импульсов запуска на лампе *Л4б* (половина 6Н1П). Кроме того, в режиме «Контроль» лампа *Л3а* используется в качестве разрядной лампы генератора пилообразного напряжения ждущей развертки, а лампа *Л3б* — в качестве инвертора импульсов подсвета развертки. Переключение режимов осуществляется переключателем *В1* «Работа—Контроль».

В индикаторе угловых координат установлена электронно-лучевая трубка типа 8ЛО29 с диаметром экрана 80 мм, что позволяет осуществлять совмещенную индикацию пеленга по обеим координатам. Электронно-лучевая трубка включена по обычной схеме. Питание индикаторного блока осуществляется от блока питания, имеющего напряжения $+280$, -1400 , $\sim 6,3$ В.

3.1.6. Система отсчета угловых координат

Система отсчета угловых координат предназначена для отсчета величин азимута и угла места, соответствующих положению антенны в момент пеленга. Для отсчета по азимуту и углу места применена двухшкальная система отсчета с грубым и точным сельсином по каждой координате. Канал отсчета по каждой координате состоит из двух сельсинов-датчиков, помещенных на приводе антенны, и двух сельсинов-индикаторов, находящихся в блоке точного отсчета. Все сельсины бесконтактного типа: датчики БД-404А, индикаторы БС-404А. Сельсины-индикаторы снабжены отсчетными шкалами. Одно деление шкалы точного сельсина-индикатора соответствует повороту контролируемого вала на $0,1^\circ$, а одно деление шкалы грубого сельсина-индикатора соответствует повороту того же вала на 5° .

3.1.7. Привод антенны

Привод антенны предназначен для наведения антенной системы радиотеодолита на пеленгуемый передатчик и обеспечивает возможность кругового неограниченного вращения антенны по азимуту и вращение ее по углу места от 0 до 90° . Наведение антенны осуществляется вручную одним оператором с помощью штурвалов азимута и угла места, расположенных соответственно справа и слева от оператора. Для облегчения работы оператора вращение антенны по азимуту и углу места осуществляется с двумя скоростями: малой, при которой антенна за один оборот штурвала поворачивается по азимуту на $0,7^\circ$ и по углу места на $0,2^\circ$, и большой, при которой поворот антенны за один оборот штурвала составляет по азимуту 6° и по углу места 2° . Изменение скорости вращения антенны по азимуту и углу места производится осевым перемещением штурвалов, изменяющим передаточное отношение соответствующей двухступенчатой коробки скоростей в штурвальных редукторах. Вдвинутому положению штурвалов соответствует большая скорость вращения антенны.

3.1.8. Система электропитания станции

Аппаратура радиотеодолита питается от однофазной сети переменного тока частотой 50 Гц, напряжением 127/220 В. При этом допускаются колебания напряжения сети в пределах от -25% до $+15\%$ относительно номинала. При отсутствии внешней сети переменного тока питание радиотеодолита производится от собственного бензоэлектрического унифицированного агрегата типа АБ-2-0/230. В состав аппаратуры электропитания входят следующие основные узлы и блоки: столбовой щиток, агрегат типа АБ-2-0/230, силовой щиток, блок распределения и защиты (БРЗ), блок питания, зарядное устройство.

Блок распределения и защиты предназначен для регулировки величины подводимого напряжения питания, включения и выключения его, защиты от коротких замыканий во всех питаемых цепях, а также для контроля величины питающего напряжения, поступающего от сети и подводимого к блокам радиотеодолита после вариатора. Подводимое к блоку напряжение переменного тока 127/220 В через выключатель поступает на соответствующие клеммы вариатора, с помощью которого осуществляется регулировка внешней сети.

Блок питания обеспечивает необходимыми напряжениями постоянного и переменного тока индикатор и приемник радиотеодолита. Он состоит из трех выпрямителей: 1) выпрямитель «+120 В» (коэффициент пульсации $0,085\%$); 2) выпрямитель «+280 В» (коэффициент пульсации $0,03\%$); 3) выпрямитель «—1500 В» (коэффициент пульсации 1%).

3.1.9. Развертывание и подготовка станции к работе

Для установки радиотеодолита выбирается открытая ровная площадка диаметром не менее 100 м. По краям площадки не должно быть больших сооружений или естественных преград (лес, холмы, дамбы, мосты и т. п.), мешающих работе радиотеодолита; углы закрытия видимого горизонта окружающими сооружениями не должны превышать 15° . Вблизи не должно быть источников промышленных радиопомех (заводов, мастерских, дорог с интенсивным автомобильным движением, высоковольтных линий и т. п.). Особую опасность как источники радиопомех представляют телевизионные центры, работающие в диапазонах десятого, одиннадцатого и двенадцатого телевизионных каналов.

Выполнив подключение всех кабелей, подают напряжение питания. Включают питание блока распределения и защиты и устанавливают с помощью вариатора выходное напряжение

110 В; контроль входного и выходного напряжений осуществляют вольтметром, установленным в этом блоке. Далее, тумблерами «Ант. комм.», «Сельсины» и «Бл. питания» в блоке распределения и защиты включают соответствующие цепи питания радиотеодолита. Через 5 мин включают высокое напряжение тумблером «Высокое», установленным в блоке питания, при этом загорается лампочка «Высокое». Проверяют с помощью контрольного прибора, установленного в приемнике, напряжения на штекерных гнездах колодок на приемнике, индикаторе и блоке питания. Одновременно с включением высокого напряжения на экране электронно-лучевой трубки должны быть видны четыре точки, при условии, что переключатель индикатора «Работа—Контроль» поставлен в положение «Работа». Производят все необходимые регулировки согласно инструкции по эксплуатации радиотеодолита. После настройки и проверки основных электрических показателей работоспособности радиотеодолита включают радиозонд, установив его на расстоянии около 200 м от радиотеодолита, на возвышенном месте, и проверяют работоспособность радиотеодолита по радиозонду, пеленгуя его и прослушивая сигналы, несущие метеоинформацию. Для окончательной проверки рекомендуется выпустить радиозонд в свободный полет и пеленговать его до разрыва оболочки. Выключение аппаратуры производится в обратном порядке.

3.1.10. Горизонтирование и ориентирование станции

После установки и проверки работоспособности радиотеодолита по радиозонду производят окончательное горизонтирование согласно Наставлению гидрометеорологическим станциям и постам. Необходимо учесть, что правильность горизонтирования проверяется по уровням, находящимся на верхней части привода, которые в свою очередь являются контрольными, так как они расположены непосредственно на вращающейся части антенной системы. Уровни домкратов и стойки нижней части привода контролируют горизонтальное положение самой кабины. Правильное горизонтирование радиотеодолита — одно из обязательных условий получения точных результатов аэрологических наблюдений.

Прежде чем произвести ориентирование станции по странам света, следует выполнить юстировку антенно-фидерной системы, сущность которой заключается в совмещении геометрической и электрической осей. Радиопередатчик радиозонда устанавливают на расстоянии не менее 200 м от радиотеодолита на высоте, обеспечивающей вертикальный угол не менее 16° , или поднимают на привязном шаре до высоты, обеспечивающей

вертикальный угол в рабочем диапазоне. Один из операторов пеленгует радиопередатчик, второй наблюдает за ним в оптический визир радиотеодолита, фиксируя положение передатчика относительно перекрестья визира. Пеленг и наблюдение в визир производятся синхронно по звуковым сигналам, например по сигналу «ревуна». Если передатчик находится не в перекрестье визира, а в стороне, то поворотом ручек юстираторов добиваются такого положения, чтобы при пеленге передатчик находился в перекрестье визира и случайные отклонения не превышали одного малого деления шкалы визира, т. е. $0,3^\circ$. На этом заканчивается предварительная юстировка. Затем этот же или другой передатчик выпускается в свободный полет, и указанным выше способом производится юстировка по летящему передатчику или радиозонду. Результаты юстировки для документального оформления наносятся на график, где на горизонтальной оси откладываются значения вертикального угла, снятые по шкалам сельсинов блока точного отсчета, а на вертикальной — значения отклонений в момент пеленга, которые могут иметь знаки плюс или минус. Юстировка по вертикальному углу является основной, так как именно по вертикальному углу определяют параметры ветра.

После горизонтирования и юстировки по азимуту и углу места производят ориентирование радиотеодолита по странам света таким образом, чтобы при направлении антенны на север отсчет по шкалам азимута был равен 0° и при строгом горизонтальном направлении антенн типа «волновой канал» отсчеты по шкалам угла места соответствовали 0° , а при вертикальном направлении — 90° . Ориентирование радиотеодолита можно осуществить с помощью миры (трубы, вышки, вершины высокого здания, мачты и т. п.), находящейся на расстоянии 2500—3000 м, координаты которой известны. Если координаты миры неизвестны, тогда можно воспользоваться оптическим теодолитом: установить его в створе с выбранной мирой и сориентировать по странам света с помощью магнитной стрелки, учтя магнитное склонение данной местности. Ориентирование радиотеодолита можно произвести по Полярной звезде, а также по Солнцу, зная время истинного полдня данной местности и вертикальный угол Солнца. Особенностью ориентирования станции по Солнцу является то, что при наведении антенной системы на Солнце в визир необходимо смотреть через закопченное стекло, а антенную систему навести таким образом, чтобы перекрестье визира находилось в центре солнечного круга. Затем по шкале азимута блока точного отсчета с помощью арретиров устанавливается угол 180° , а по шкале угла места — соответствующий вертикальный угол положения Солнца в истинный полдень. Методика ориентирования радиотеодолита изло-

жена в методических указаниях и наставлениях, издаваемых для аэрологической сети Центральной аэрологической обсерваторией.

3.1.11. Сравнительные и контрольные наблюдения

Сравнительными наблюдениями называются одновременные наблюдения за радиозондом с помощью радиотеодолита и аэрологического оптического теодолита. При сравнительных наблюдениях определяют минимальный рабочий вертикальный угол, ошибки рассогласования осей, переменные и постоянные составляющие систематической ошибки измерения угловых координат. Сравнительные наблюдения проводят не реже двух раз в год — в начале лета и в начале зимы. Кроме того, сравнительные наблюдения обязательны при вводе радиотеодолита в эксплуатацию, перемещении его на новую площадку и после ремонта.

Контрольными наблюдениями называются одновременные наблюдения за радиозондом с помощью радиотеодолита и его оптического визира. При контрольных наблюдениях выявляют минимальный и максимальный рабочие вертикальные углы, ошибки рассогласования осей. Контрольные наблюдения проводятся четыре раза в год, но не реже одного раза в три месяца, в промежутках между сравнительными наблюдениями. Контрольные наблюдения по углу места охватывают вертикальные углы от 12 до 90°, а по азимуту, как правило, интервал направлений господствующих ветров. Методика проведения контрольных наблюдений такая же, как и при сравнительных наблюдениях, только наблюдают за радиозондом не в оптический теодолит, а в визир радиотеодолита и в момент пеленга фиксируют отклонение по соответствующим угловым координатам.

3.1.12. Уход за аппаратурой

Регламентные работы и профилактические осмотры, обеспечивающие бесперебойную работу аппаратуры, проводят в соответствии с перечнем регламентных работ, изложенным в заводском описании прибора и инструкции по эксплуатации.

Регулярные регламентные работы должны сопровождаться немедленным устранением всех обнаруженных неисправностей. Проводятся регламентные работы с разной периодичностью.

1. Через каждые 10 ч работы станции и не реже одного раза в месяц, если станция не работает, производится удаление влаги, снега, грязи со всех узлов, находящихся снаружи, проверка параллельности расположения антенн между собой, проверка надежности подключения фидеров к антеннам, проверка плавности вращения привода по азимуту и углу места; очистка

от пыли и грязи панелей и кожухов всех блоков радиотеодолитов.

2. Через каждые 50 ч работы станции и не реже одного раза в шесть месяцев, если станция не работает, выполняются все работы по 10-часовому регламенту. Дополнительно необходимо проверить надежность контактов на всех штепсельных разъемах внутри и снаружи кузова, вынуть все блоки из стойки и проверить контакты ножевых разъемов, проверить надежность контактов в антенном коммутаторе, проверить плавность перемещения всех ручек настройки аппаратуры и надежность работы переключателей радиотеодолита.

3. Через каждые 100 ч работы станции и не реже одного раза в год, если станция не работает, выполнить все работы по 10- и 50-часовому регламенту. Кроме того, необходимо вынуть из стойки все блоки, внимательно осмотреть монтаж блоков, проверить надежность закрепления ламп и крупных деталей, очистить монтаж от пыли; включить радиотеодолит, проверить работу и настройку блоков аппаратуры; произвести контрольную корректировку радиотеодолита.

Радиотеодолит «Малахит» надежно работает при низких и высоких температурах на всех широтах земного шара.

3.1.13. Проверка основных параметров радиотеодолита

Аппаратура радиотеодолита, настроенная в соответствии с инструкцией, прилагаемой к станции, будет нормально работать лишь в том случае, если заводская настройка и регулировка не была нарушена в процессе эксплуатации и в блоках нет каких-либо неисправностей. Если же в результате устранения неисправностей заводская настройка нарушилась, необходимо дополнительно отрегулировать аппаратуру и снова проверить ее параметры.

Антенно-фидерная система проверяется путем измерения коэффициента бегущей волны (КБВ), который в исправной АФС должен быть не ниже 0,6. Для измерения КБВ необходима следующая аппаратура: измерительная линия ИЛ-Д с резонатором, генератор сигналов типа ГС-6, волномер типа Ч2-3А, согласованные нагрузки Э9-1 и микроамперметр. Этот комплект аппаратуры должен быть на заводе-изготовителе или в специальных радиомастерских; как правило, им пользуются в стационарных условиях, при изготовлении новой АФС или отдельных ее элементов. При ремонте и настройке можно пользоваться другим комплектом аппаратуры, состоящим из генератора типа ГМВ (или другого, имеющего диапазон частот радиотеодолита), измерителя полных коаксиальных сопротивлений типа

ИПСК-2, а в качестве индикатора можно использовать приемник и индикатор радиотеодолита «Малахит». Блок-схема измерений коэффициента бегущей волны АФС приведена на рис. 3.1.8. Этот комплект приборов позволяет измерять не только КБВ всей антенно-фидерной системы, но и отдельные ее элементы при наличии эквивалентных нагрузок Э9-1. Он очень удобен при настройке станции в полевых условиях. Методика измерений изложена в описании ИПСК-2.

Для настройки и проверки параметров приемника радиотеодолита нужно иметь генератор стандартных сигналов типа СГ-1 или генератор сигналов типа ГК4-4 и осциллограф типа

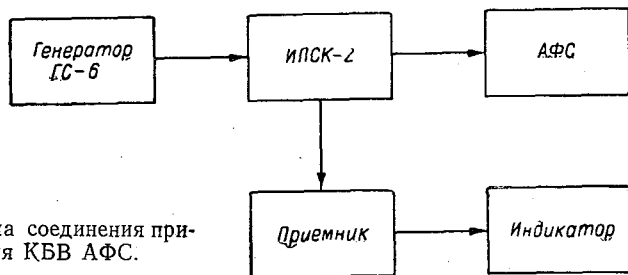


Рис. 3.1.8. Блок-схема соединения приборов для измерения КБВ АФС.

С1-2. Методика измерений подробно изложена в Инструкции по эксплуатации радиотеодолита. Необходимо отметить, что чувствительность приемника измеряется при отношении уровня сигнала к шуму, равном двум, ширина полосы пропускания приемника от входа до детектора — на уровне 0,7 от максимального выходного напряжения. В полевых условиях допустимы измерения основных характеристик приемника радиотеодолита с помощью одного генератора типа ГМВ, при этом в качестве индикаторного устройства можно использовать индикатор угловых координат в режиме «Контроль», который позволяет наблюдать и определять уровни сигнала и шума при измерениях чувствительности, ширины полосы, а также зафиксировать максимальные значения амплитуды сигнала при проверке и настройке УВЧ и УПЧ.

Точность измерений угловых координат радиозонда и соответственно точность аэрологических наблюдений зависят от пеленговой чувствительности, величина которой должна быть не менее 5% (практически составляет порядка 8—10%). Для измерения пеленговой чувствительности рекомендуется на расстоянии не менее 100 м и на высоте, обеспечивающей вертикальный угол не менее 20°, установить генератор типа ГСК-2 с антенной, работающий в режиме импульсной модуляции с частотой повторения 300—600 Гц и длительностью импульса 12—50 мкс, в крайнем случае вместо генератора можно использовать

передатчик радиозонда. Установленный генератор (или передатчик) пеленгуют по угловым координатам — снимают показания по шкале точного отсчета, затем по одной из координат азимута или угла места производят распеленговку, отводя антенну в обе стороны от положения пеленга на один градус, при этом измеряют высоту обоих импульсов в миллиметрах. Производят не менее трех таких измерений, находят средние значения высоты двух импульсов по одной из координат и вычисляют пеленговую чувствительность $P\%$:

$$P = \frac{A - B}{A + B} \cdot 100,$$

где A — высота большего импульса, B — высота меньшего. Измерения получаются наиболее точными, когда средняя высота импульсов при пеленге на экране индикатора составляет около 40 мм.

Одновременно с определением пеленговой чувствительности по удаленному на некоторое расстояние генератору (или передатчику) можно определить величину боковых лепестков диаграммы направленности. Рассмотрим случай определения величины бокового лепестка в горизонтальной плоскости (по азимуту). При определении величины бокового лепестка необходимо в приемнике выключить АРУ, запеленговать вынесенный передатчик, с помощью ручного усиления приемника установить высоту импульсов на экране индикатора около 50 мм, затем, вращая штурвал редуктора азимута вправо или влево до тех пор, пока азимутальные импульсы на трубке снова не станут равными, т. е. до появления «бокового пеленга», зафиксировать высоту импульсов бокового пеленга, наконец, зная значения амплитуды азимута для истинного и бокового пеленга, определить величину бокового лепестка диаграммы направленности по напряжению $B\%$:

$$B = \frac{D}{C} \cdot 100,$$

где C — высота импульсов при истинном пеленге, D — высота импульсов при боковом пеленге.

Аналогичным способом определяется величина бокового лепестка в другую сторону по азимуту, а также и в вертикальной плоскости диаграммы направленности. Величина боковых лепестков диаграммы направленности должна быть не более 25% по напряжению.

Важными параметрами антенно-фидерной системы являются: ширина диаграммы направленности, определяемая конструкцией самой антенны и по уровню 0,7 равная $18 \pm 2^\circ$; уровень пересечения диаграммы направленности по напряжению, опре-

деляющий дальность действия и пеленговую чувствительность радиотеодолита, равный 0,77—0,85%. Уровень пересечения диаграммы направленности определяется шириной диаграммы направленности и углом сканирования, который в свою очередь зависит от фазирующего (фазосдвигающего) отрезка фазирующей системы антенного коммутатора.

Для определения ширины диаграммы направленности антенны, уровня пересечения диаграммы направленности, а также угла сканирования существует простой метод, который может быть использован на любой аэрологической станции. При выполнении этих измерений необходимо на расстоянии не менее 100 м и на высоте, обеспечивающей вертикальный угол не менее 20°, установить передатчик радиозонда, настроенный на рабочую частоту радиотеодолита. Навести антенную систему на передатчик радиозонда, настроить приемник, запеленговать радиозонд, выключить антенный коммутатор, снять кожух с антенного коммутатора. Затем выключить АРУ, к штекерному гнезду приемника «Детектор» подключить микроамперметр, ручкой «Усиление» в приемнике установить такой уровень усиления, чтобы не было ограничения при максимальном и при минимальном (нулевом) сигналах и показания микроамперметра составляли бы не более 0,1 от максимальной величины. Контроль можно осуществлять по величине амплитуды сигнала на экране индикатора, работающего в режиме «Контроль».

Рассмотрим порядок снятия указанных параметров антенны в горизонтальной плоскости (по азимуту). На вал высокочастотной части антенного коммутатора нанесена риска, указывающая положение гребенчатого цилиндра (роторной части конденсатора). Вал необходимо повернуть таким образом, чтобы положение риски было на одной линии с центром гребенчатых пластин статора (статорной части конденсатора). Для азимута эти положения обозначены цифрами «2» и «4». Например, ставим риску в положение «2», отводим антенну по азимуту в левую сторону от точки пеленга на 42—45°, затем ведем антенну в правую сторону и снимаем показания тока детектора через каждые 1—2° в секторе 80—90° (проходя минимальную и максимальную зоны сигналов); все показания записываем в таблицу. Сняв показания для одного положения, переводим ротор высокочастотной части антенного коммутатора в другое положение по азимуту, т. е. устанавливаем риску вала в середине статорной пластины под цифрой «4», и опять записываем все показания через 1—2° в секторе 80—90°. Полученные значения напряженности поля по току или напряжению нормируем, приводя к единице. Затем строим диаграмму направленности антенны радиотеодолита в горизонтальной плоскости для двух положений ротора антенного коммутатора. По горизонтальной

оси откладываем значения направления антенны в градусах (азимутальные углы), по вертикальной оси — нормированные показания тока детектора. Соединив все точки, получим два положения диаграммы направленности антенны в декартовой системе координат. Примерная форма диаграммы направленности показана на рис. 3.1.9, где расстояние между двумя миниму-

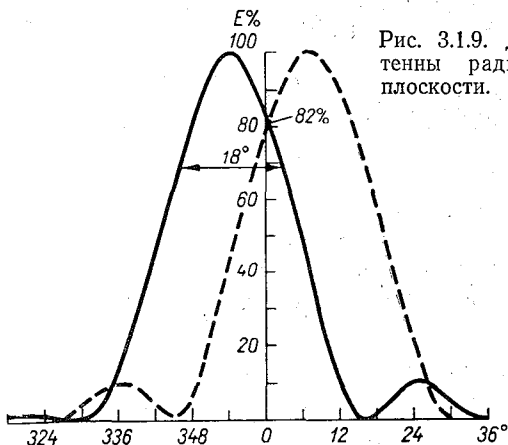


Рис. 3.1.9. Диаграмма направленности антенны радиотеодолита в горизонтальной плоскости.

мами, выраженное в градусах, есть угол сканирования; ширина диаграммы направленности характеризуется уровнем 0,7, а уровень пересечения диаграммы направленности определяет точка пересечения кривых $E=f(\alpha)$.

В стационарном варианте аппаратура радиотеодолита размещается в типовом двухэтажном здании аэрологической станции (рис. 3.1.10). В первом этаже расположены помещения, где осуществляется прием сигналов радиозонда, обработка результатов радиозондовых и ветровых наблюдений, подготовка радиозондов, передатчиков и других работ. Второй этаж является аппаратным помещением, в потолочном перекрытии которого имеется квадратное отверстие для вывода на крышу верхней части привода антенной колонки. Комплектность радиоаппаратуры в стационарном варианте такая же, как и в подвижном.

3.1.14. Правила техники безопасности

При работе с радиотеодолитом необходимо помнить, что в отдельных его блоках имеются высокие электрические напряжения, опасные для жизни. Поэтому при работе с аппаратурой радиотеодолита необходимо строго выполнять следующие правила техники безопасности.

1. Независимо от типа радиотеодолита (подвижный или стационарный) аппаратура должна быть заземлена до подачи напряжения питания.

2. Категорически запрещается включать аппаратуру при снятых обшивках стойки с блоками.

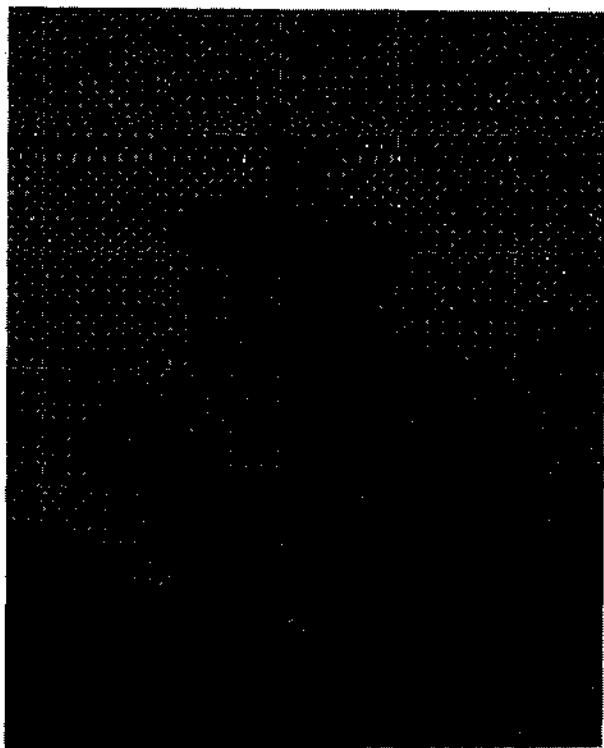


Рис. 3.1.10. Радиотеодолит «Малахит» в стационарном варианте.

3. При включении блоков на ремонтные кабели все переключения должны осуществляться при выключенном питании радиотеодолита.

4. Запрещается во включенных на ремонтные кабели блоках производить смену ламп, подключение измерительных приборов, отпайку и присоединение деталей и т. п.

5. При включенных на ремонтные кабели блоках необходимо соблюдать особую осторожность при работе и все время помнить о возможности поражения электрическим током.

6. Все операторы радиотеодолита, а также лица, занимающиеся ремонтом аппаратуры, должны хорошо знать систему

Таблица 3.1.1

Основные неисправности радиотехнологии
«Малых» и способы их устранения

Признаки неисправности	Причины неисправности	Способы отыскания и устранения неисправности
1. Отсутствуют сигналы на экране индикатора, собственные шумы приемника нормальные	Плохой контакт в разъемках высокочастотных кабелей от антенного коммутатора до приемника или обрыв	Отключить кабели, проверить чистоту контактной поверхности. Произвести зачистку контактов и плотно завернуть гаечки разъемов. При необходимости «прозвонить» кабели
2. Сигналы на экране индикатора есть, но радиозонд по одной из координат не ищет и наблюдается большое взаимное влияние сигналов угла места и азимута	а) Плохое соединение одного из питающих кабелей антенны или в одном из них обрыв б) Плохой контакт в высокочастотных разъемках фазировочной системы	а) Отключить кабели питания антенны и проверить надежность контактов с одноканальным прозвониванием центральной жилы б) Проверить надежность контактов и устранить дефект
3. После 30-минутного наблюдения за радиозондом сигнал радиозонда интенсивно уменьшается или пропадает совсем. Приемник имеет чувствительность в пределах технических условий	а) В тройник высокочастотного кабеля, идущего от антенного коммутатора к нижней части привода, попала влага, что вызвало окисление соединений и привело к большим затуханиям б) В зазор между неподвижной и вращающейся частями высокочастотного токосъемника попала влага и пыль в) Низкий коэффициент бегущей волны антенно-фидерной системы	а) Снять кабель, разобрать тройник, очистить окислы, проверить надежность соединений жилы и экранов, залить герметиком или другим влагостойким изоляционным материалом и поставить на место кабели б) В зазоре токосъемника устранить пыль и влагу, тщательно протереть тряпочкой, смоченной спиртом
4. На индикаторе нет разделения сигналов азимута и угла места, т. е. нет раздвижения импульсов	а) Не вращается мотор антенного коммутатора	а) Сменить предохранитель в цепи питания мотора антенного коммутатора, проверить цепь питания
а) Замена или ремонт АФС и произвести замену или ремонт АФС		

- 6) Не работает генератор управляющих напряжений.
 - в) Не подается напряжение $+150$ В на генератор управляющих напряжений
 - г) В индикаторе вышла из строя лампа Л4-2 (6Н1П) усилителя горизонтального отклонения
 - а) Обрыв в дросселе Др3-26
 - б) Лампа Л3-12 (6Х2П) вышла из строя
 - в) Отсутствует напряжение анодного питания $+120$ В
6. Нет показаний индикаторного прибора при включении индикатора в гнездо «Дет». Тумблер «Уст. усиления» — Измерение — в положении «Измерение».
6. Нет показаний индикаторного прибора, если тумблер «Уст. усиления» — Измерение — находится в положении «Уст. усиления»
7. На экране трубки индикатора нет импульсов сигналов при наличии шумов
8. Не работает АРУ
 - а) Проверить лампу Л3-3 (6Н1П) и проверить настройку гетеродина с помощью волномера ВСТ-1
 - б) Проверить лампу Л3-17 (6Н1П) и проверить величину напряжения задержки на катоде лампы детектора АРУ, гнездо Г3-16 ($+50$ В)
9. Нет звуковых сигналов на линии
 - а) Проверить лампу
 - б) Проверить омметром линию передачи
- 6) В антенном коммутаторе заменить лампу генератора управляющих напряжений 6Н1П
 - в) Проверить в индикаторе на штекерной колодке напряжение на гнездах « $+280$ » и « $+150$ ». В случае наличия « $+280$ » и отсутствия « $+150$ » проверить в блоке индикатора сопротивление R28 и R29
 - г) Проверить и заменить лампу
 - а) Заменить дроссель
 - б) Заменить лампу
 - в) Проверить цепь питания, при необходимости заменить в блоке питания лампу Л5-3 (5Ц3С)
- Проверить в приемнике годность сопротивления R3-84, при необходимости заменить
- Заменить лампу Л3-3 (6Н1П) и проверить настройку гетеродина с помощью волномера ВСТ-1
- Сменить лампу Л3-17 (6Н1П) и проверить величину напряжения задержки на катоде лампы детектора АРУ, гнездо Г3-16 ($+50$ В)
- а) Заменить лампу
- б) Проверить омметром линию передачи

Признаки неисправности	Причины неисправности	Способы отыскания и устранения неисправности
10. Экран электронно-лучевой трубки индикатора не светится при любом положении переключателя «Работа—Контроль»	а) На электронно-лучевую трубку не подается напряжение —1500 В б) Не подается напряжение накала 6,3 В на электронно-лучевую трубку в) Перегорела нить накала электронно-лучевой трубки Л4-8 (8ЛО29)	а) Проверить наличие напряжения на гнезде «-1500 В», в случае отсутствия напряжения сменить кенотрон 2Ц2С в блоке питания б) Выключить тумблер «Высокое» на блоке питания, вынуть индикатор из стойки АВО-6, проверить наличие напряжения на гнездах ножевых разъемов стойки с блоками в) Сменить электронно-лучевую трубку
11. На экране электронно-лучевой трубки видно одно светящееся пятно. Раздвижение импульсов отсутствует, регулировки «Гориз. смещение» и «Верт. смещение» не работают	Не подается напряжение +280 В на индикатор	Проверить напряжение на гнезде «+280 В» штекерной колодки блока питания и индикатора. Если напряжение отсутствует, заменить в блоке питания предохранитель и кенотрон Л2-5 (5Ц3С)
12. При включении индикатора пятно на экране трубки не фокусируется	а) Обрыв в цепи делителя напряжения R69, R70, R71, R72, R73, R74 б) Неисправна трубка 8ЛО29	а) Проверить и заменить вышедшие из строя сопротивления и потенциометры б) Сменить трубку
13. Не регулируется раздвижение импульсов по каждой координате	Вышла из строя лампа Л4-1 (6Х2П) в блоке индикатора	Проверить и заменить лампу
14. Величина раздвижения импульсов недостаточна. Регулировка раздвижения потенциометром «Амплитуда раздвижения» не позволяет установить необходимую величину раздвижения	а) Вышла из строя лампа Л4-2 (6Н1П) б) Неисправен потенциометр R4-9, установленный на шасси внутри индикатора	а) Проверить и заменить лампу б) Проверить и заменить потенциометр

15. При включении индикатора в режиме «Работа» на экране трубки вместо четырех отдельных точек видна яркая горизонтальная линия, которую не удается устранить регулировкой яркости (не работает схема гашения)	а) Вышла из строя лампа усилителя импульсов гашения <i>J4-3</i> (6H1П) б) Вышла из строя лампа фазорасцепителя <i>J4-4</i> (6H1П) в) Вышла из строя лампа селектора импульсов <i>J4-5</i> (6X2П)	Проверить и заменить лампы
16. На экране индикатора отсутствуют сигналы (или шумы тременика)	а) В блоке индикатора вышла из строя лампа усилителя вертикального отклонения <i>J4-7</i> (6H1П) б) Не подается сигнал от приемника	а) Проверить и заменить лампу б) Произвести проверку приемника согласно инструкции по эксплуатации и устранить обнаруженные дефекты
17. В режиме «Контроль» при подаче импульсов с приемника на экран индикатора отсутствует развертка. Регулировкой-потенциометра <i>R4-12</i> «Настройка кин-реле» не удается получить развертку. В режиме «Работа» раздвижение импульсов нормальное	Неисправна лампа <i>J4-6</i> (6H1П) кин-реле или <i>J4-4</i> (6H1П) — ограничитель запуска кин-реле	Проверить и заменить лампы
18. На экране в блоке индикатора в режиме «Контроль» отсутствует развертка, в режиме «Работа» нет раздвижения	Неисправна лампа усилителя горизонтального отклонения <i>J4-2</i> (6H1П)	Проверить и заменить лампу
19. При включении тумблера «Высокое» блока питания нет напряжений на штекерных гнездах. Сигнальная лампочка не горит	Сгорел предохранитель «Анод 2 А» или предохранитель «Накал 3 А»	Сменить предохранитель
20. При включении тумблера «Высокое» блока питания нет одного из напряжений +280, +120, —1500 В. Сигнальная лампочка горит	Неисправен один из кенотронов блока питания <i>J6-2</i>, <i>J6-3</i> (5U3C)	Сменить кенотрон

Признаки неисправности	Причины неисправности	Способы отыскания и устранения неисправности
21. Не подается напряжение к блоку питания. Сигнальная лампочка «Питание» горит	Сгорел предохранитель «Блок питания» в блоке распределения и защиты	Сменить предохранитель
22. Не подается напряжение к сельсиам или к антенному коммутатору. Вольтметр блока распределения и защиты показывает 110 В	Сгорел предохранитель «Сельсины» или предохранитель «Ант. коммут.»	Сменить предохранитель
23. Нет напряжения на выходе вариатора блока распределения и защиты. Сигнальная лампочка «Сеть» горит	Нарушен контакт щеток вариатора	Отрегулировать пружины, поджимающие щетки
24. Сгорает входной предохранитель на словом щитке. Сигнальная лампочка «Сеть» не загорается	Короткое замыкание в вариаторе	Вынуть из стойки блок распределения и защиты и устранить повреждения в вариаторе
25. Затруднено вращение штурвала редуктора угла места как при подьеме антенны, так и при опускании. При отсоединении карданного валика штурвал вращается легко	Пришел в негодность резиновый сальник внутреннего вала антенной колонки в верхней части нижнего антенного привода	Снять верхнюю часть антенного привода и полумуфту нижнего привода внутреннего вала антенной колонки. Вывернуть внутреннюю плоскую защитную гайку, снять остатки резинового сальника, изъять из подшипника куски резины. Промыть подшипник, смазать смазкой ЦИАТИМ-201, поставить новый сальник. Сборку произвести в обратном порядке

электропитания, чтобы быстро выключить все питание при несчастном случае, а также уметь оказывать первую помощь при поражении электрическим током.

7. Во время ремонтных работ в станции (в помещении) всегда должен находиться второй человек, способный оказать помощь пострадавшему от электрического тока.

8. При работе на ремонтных кабелях с блоками питания и индикатором следует помнить, что они находятся под напряжением 1500 В.

9. При подъеме антенного привода и рамы в стационарном варианте необходимо соблюдать особую осторожность, должен быть назначен старший, имеющий допуск к выполнению подъемных и такелажных работ.

10. На крыше здания аэрологической станции, где установлена антенная система радиотеодолита, должно быть ограждение.

3.1.15. Основные неисправности радиотеодолита и их устранение

Для быстрого обнаружения и устранения неисправностей в аппаратуре радиотеодолита необходимо хорошо изучить схему станции, взаимодействие ее отдельных блоков и узлов и систему электропитания станции. При нарушении нормальной работы радиотеодолита в первую очередь необходимо проверить предохранители в цепях питания соответствующих блоков и все контактные соединения в разъемах кабелей, ножевых разъемах блоков и переключателей. Для детальной проверки работы приемника, индикатора, блока распределения и защиты и блока питания нужно включить проверяемый блок на соответствующий ремонтный кабель и проверить напряжения по карте напряжений данного блока. Для облегчения обнаружения неисправностей ниже приведены основные возможные неисправности блоков радиотеодолита (табл. 3.1.1).

Глава 3.2.

ДАЛЬНОМЕРНАЯ ПРИСТАВКА

3.2.1. Основные сведения

Дальномерная приставка к радиотеодолиту «Малахит» предназначена для изучения запросных импульсов и определения наклонной дальности до радиозонда, снабженного передатчиком-ответчиком А-35.

ком-ответчиком А-35. Аппаратура приставки размещается в кабине радиотеодолита «Малахит» или в помещении аппаратной (стационарный вариант) и работает совместно с радиотеодолитом.

Для излучения запросных импульсов на приводе антенны радиотеодолита «Малахит» установлена дополнительная передающая антенна такого же типа, как антенна приемного тракта. Питание передающей антенны осуществляется через токосъемник высокой частоты, установленный на вале привода антенны под редуктором азимута.

Передачик приставки и его блок питания размещены в отдельной передающей стойке *П*. Блоки дальности (трубки), запуска и питания индикаторного устройства установлены в индикаторной стойке (*И*). Эти блоки дают возможность измерять дальность радиозонда до 200 км отдельными участками по 20 км (0—

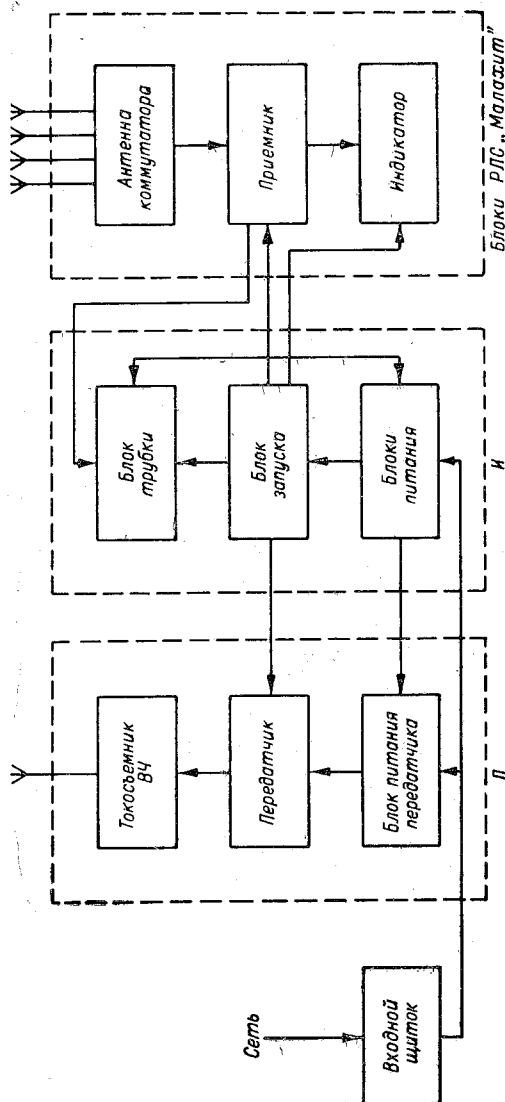


Рис. 3.2.1. Блок-схема дальномерной приставки.

20 км, 20—40 км и т. д.). В 80% случаев ошибка измерения дальности до 100 км не превышает ± 50 м, а от 100 до 200 км не более ± 75 м.

Питание приставки осуществляется переменным током 50 Гц напряжением 127 или 220 В; потребляемая мощность от внешней сети не превышает 1500 Вт (рис. 3.2.1).

Передачик приставки излучает импульсы на частоте 216 МГц с частотой следования 1070 имп/с. Энергия высокой частоты от передатчика через высокочастотные кабели и токосъемник подается на передающую антенну типа «волновой канал». Запуск передатчика с частотой следования 1070 имп/с производится импульсом от блока запуска индикаторной стойки. Для получения заданной точности измерения дальности синхронизация работы всех цепей и блоков осуществляется от генератора, стабилизированного кварцем (75 кГц) и работающего в непрерывном режиме генерации. Нужная частота следования импульсов получается путем деления основной частоты кварцевого генератора — 75 кГц.

Запросные импульсы от генератора попадают в антенну передатчика-ответчика радиозонда воздействуют на его контур и увеличивают мощность излучения примерно на 20% на время длительности запросного импульса. При этом на экране двухлучевой трубки индикатора дальности появляется ответный импульс с увеличенной амплитудой и последующей паузой. Расстояние до этого импульса от начала развертки определяет наклонную дальность радиозонда.

Индикатор дальности имеет две шкалы дальности: грубую — с длиной развертки 20 км и точную — с длиной развертки 3 км.

На индикаторную стойку приставки видеосигнал подается с выхода видеосуилителя приемника радиотеодолита «Малахит».

3.2.2. Антенно-фидерная система

Антенно-фидерная система (АФС) дальномерной приставки (рис. 3.2.2) предназначена для излучения запросных импульсов

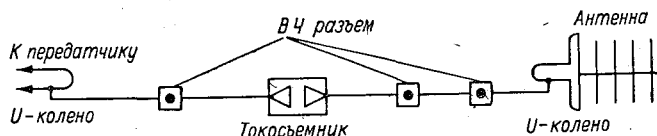


Рис. 3.2.2. Принципиальная схема АФС дальномерной приставки.

передатчиком. Прием ответных сигналов производится антеннофидерной системой радиотеодолита. АФС дальномерной

приставка состоит из антенны типа «волновой канал» с четырьмя директорами, петлевым вибратором и сетчатым рефлектором. Переход от симметричного петлевого вибратора к несимметричному кабелю типа РК выполнен в виде *U*-колена, которое использовано также как согласующий элемент.

Токосъемник высокой частоты служит для передачи электромагнитной энергии от неподвижного передатчика к вращающейся антенне. Конструктивно токосъемник выполнен в виде кольцевого коаксиального вращающегося соединения. Изменение КБВ токосъемника в зависимости от угла поворота привода антенны не превышает 2% на частоте 216 МГц.

Согласование коаксиального питающего кабеля, идущего от токосъемника к передатчику, который имеет симметричный выход, осуществляется через *U*-колено.

3.2.3. Передатчик

Передатчик приставки предназначен для получения высокочастотных запросных импульсов.

Передатчик имеет следующие основные параметры:

1) частота генерируемых колебаний может плавно изменяться в диапазоне частот 215—218 МГц;

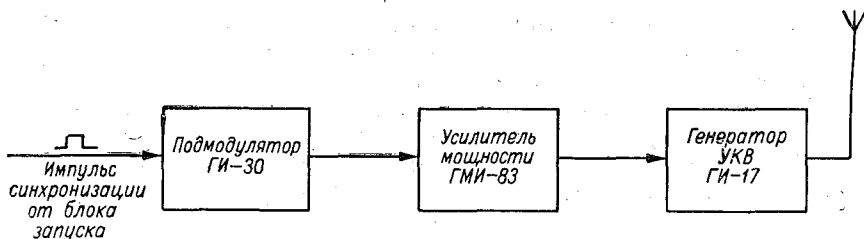


Рис. 3.2.3. Блок-схема передатчика.

2) длительность генерируемых импульсов 2 мкс;

3) частота следования импульсов 1070 имп/с;

4) мощность передатчика в импульсе не менее 30 кВт.

Передатчик состоит из подмодулятора, модулятора и генератора УКВ (рис. 3.2.3).

Импульсы синхронизации, вырабатываемые блоком запуска, имеющие длительность порядка 1 мкс, амплитуду 160 В и частоту следования 1070 имп/с, подаются на вход подмодулятора. Подмодулятором служит блокинг-генератор, собранный на лампе ГИ-30 и работающий в режиме внешней синхронизации. До прихода синхронизирующих импульсов, т. е. при отсутствии синхронизации, блокинг-генератор вырабатывает импульсы с низ-

кой частотой следования (порядка 50 Гц). Амплитуда импульсов синхронизации не менее 100 В достаточна для того, чтобы синхронизировать работу блокинг-генератора с частотой 1070 имп/с. Блокинг-генератор вырабатывает импульсы прямоугольной формы длительностью 2 мкс, с амплитудой около 1200 В и частотой следования 1070 Гц, которые подаются на усилитель мощности. Усилитель мощности (модулятор) собран на двух лампах ГМИ-83, соединенных параллельно. В усилителе используется схема с импульсным питанием экранирующих сеток ламп. На экранирующие и управляющие сетки ламп ГМИ-83 подаются положительные импульсы напряжения с выходной обмотки блокинг-генератора (подмодулятора). В анодную цепь ламп ГМИ-83 включен импульсный трансформатор, который позволяет получить на выходе модулятора на нагрузке 350—400 Ом (эквивалентное сопротивление генератора УКВ) положительные импульсы напряжения с амплитудой 6,5—6,7 кВ. Эти импульсы напряжения подаются на аноды генераторных ламп.

Генератор УКВ собран по двухтактной схеме с общим анодом на лампах ГИ-17. В цепи сеток и катодов включены законченные на концах отрезки двухпроводных линий, которые с междуэлектродными емкостями ламп образуют замкнутые колебательные контуры. Частота генерации определяется частотой сеточного контура. Связь генератора с нагрузкой осуществляется двухпроводной фидерной линией, заканчивающейся высокочастотным разъемом. Далее, симметричный выход генератора согласуется с несимметричным входом антенно-фидерной системы с помощью *U*-колена.

От блока питания к передатчику подводятся следующие напряжения:

- а) 110 В (50 Гц) на накальные трансформаторы и на мотор вентилятора;
- б) 1800 В для питания анодов ламп ГИ-30;
- в) 7700 В для питания анодов ламп модулятора ГМИ-83.

3.2.4. Индикаторное устройство

Индикаторное устройство дальномерной приставки предназначено для визуального наблюдения на экране электронно-лучевой трубки 13ЛО48 ответного импульса пеленгуемого передатчика-ответчика радиозонда и непрерывного отсчета наклонной дальности до него. Индикаторное устройство позволяет производить измерения наклонной дальности на расстоянии до 200 км. Сопровождение осуществляется вручную, путем совмещения ответного импульса на грубой развертке с 3-километровым стробом повышенной яркости и переднего фронта ответного импульса

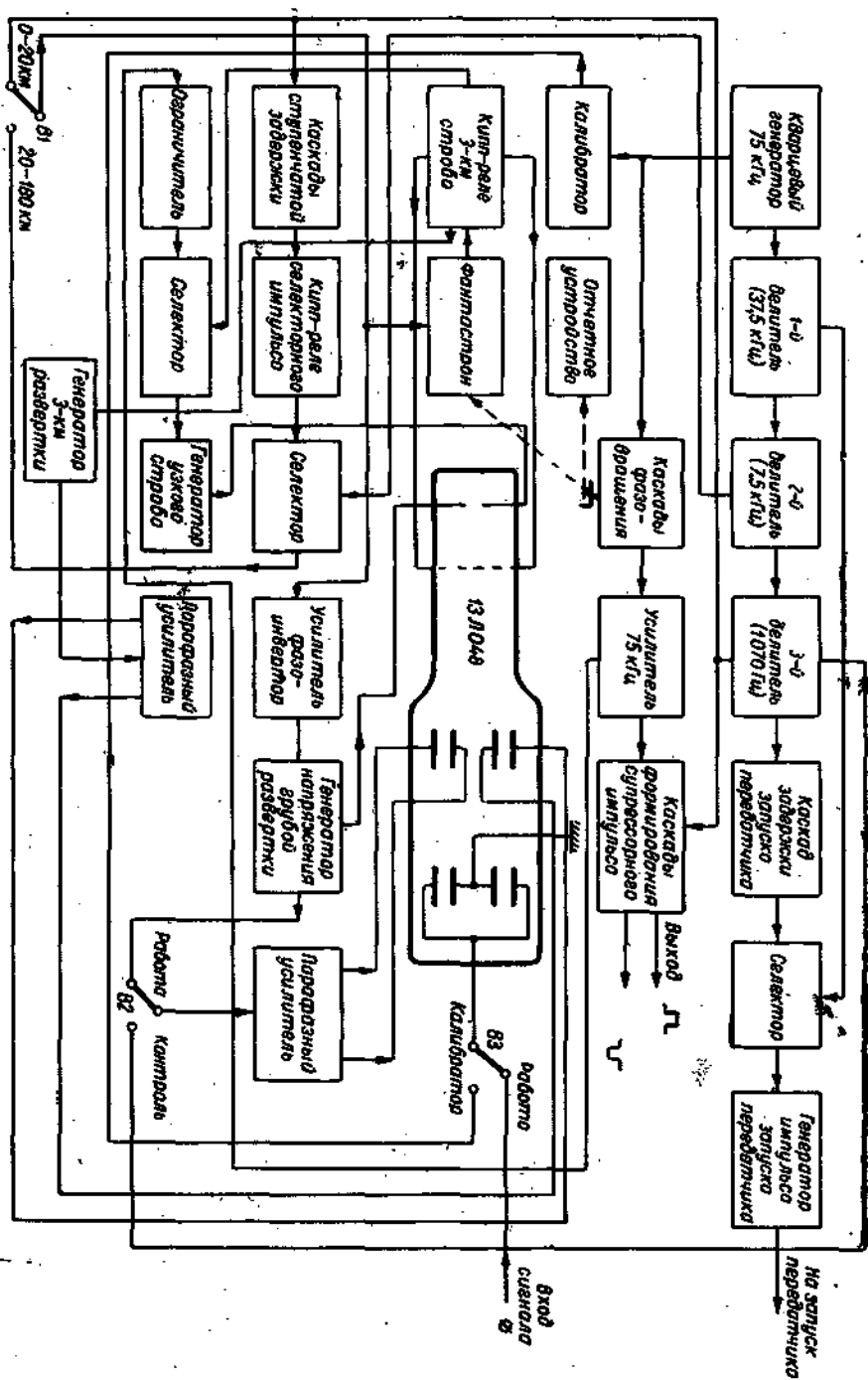
на точной развертке с отметкой электронного визира в виде затемненного участка развертки. Масштаб грубой развертки 20 км, точной — 3 км. Расстояние 200 км перекрывается последовательным переключением просматриваемых участков через 20 км. Питание индикаторного устройства осуществляется от трех блоков питания, расположенных в индикаторной стойке.

Ответный сигнал пеленгуемого передатчика-ответчика радиозонда с приемного устройства радиотеодолита поступает на вертикально отклоняющие пластины двухлучевой электронной трубки и создает на грубой и точной развертках амплитудные отметки. Для отсчета дальности на грубую развертку подается импульс, создающий на ней участок повышенной яркости длиной 3 км. Этот участок может перемещаться по развертке относительно ее начала; перемещение связано с отсчетным устройством механизма дальности. Точная развертка введена для обеспечения заданной точности отсчета в индикаторном устройстве. Она создается на экране трубки пилообразным напряжением, полученным из синусоидального напряжения 75 кГц, фаза которого изменяется относительно фазы опорного синусоидального напряжения на 360° за один оборот фазовращателя. Синхронно с перемещением 3-км строба на грубой развертке формируется импульс электронного визира, который подается на точную развертку в виде темновой отметки. Таким образом, точная развертка с визиром перемещается вместе с 3-км стробом грубой развертки на всей дистанции, что позволяет производить точный отсчет дальности в любой точке, поскольку фазовращатель механически связан с точной шкалой отсчетного устройства.

В индикаторном устройстве (рис. 3.2.4), состоящем из блока трубки и блока запуска, в качестве напряжения, синхронизирующего работу всех последующих каскадов, используется синусоидальное напряжение кварцевого генератора с частотой 75 кГц, собранного на лампе 6К4П. Напряжение от кварцевого генератора подается на три канала: 1) канал формирования грубой развертки, импульса запуска передатчика и супрессорных импульсов; 2) канал формирования узкого строба; 3) канал калибратора.

В первом канале напряжение с кварцевого генератора поступает на первый делитель с коэффициентом деления, равным 2, собранный по обычной схеме блокинг-генератора на лампе 6НЗП. С выхода первого делителя снимаются импульсы с частотой 37,5 кГц, которые используются для формирования импульса запуска передатчика (подаются на селектор) и для

Рис. 3.2.4. Блок-схема индикаторного устройства.



синхронизация второго делителя. Второй делитель (коэффициент деления 5) собран по схеме блокнот-генератора на лампе 6Н3П со стабилизирующим контуром в цепи катода. С выхода второго делителя снимаются импульсы с частотой следования $7,5 \text{ кГц}$, которые поступают на селектор группой развертки и на третий делитель (коэффициент деления 7). Третий делитель представляет собой блокнот-генератор с двумя лампами, собранный на лампах 6Н3П и 6Х2П. С выхода третьего делителя снимаются импульсы с частотой следования 1070 нм/с . Эти импульсы используются для запуска каскада ступенчатой развертки группой развертки, для формирования импульсов запуска передатчика и для формирования супрессорных импульсов, а также для формирования контрольной развертки на экране электронно-лучевой трубки.

Для обеспечения перекрытия дистанции 200 км с заданной точностью в схеме применена ступенчатая задержка запуска генератора пилообразного напряжения группой развертки участка $0-20 \text{ км}$. На участке $0-20 \text{ км}$ генератор пилообразного напряжения, собранный по схеме стабилизированного мультитристора с катодной связью на лампе 6Н1П, запускается импульсами от третьего делителя. На остальных участках дистанции импульсы запуска генератора пилообразного напряжения формируются с помощью каскадов ступенчатой задержки. Для задержки этого импульса относительно импульса запуска пере-дателя на 180 км в схеме применены два каскада задержки, представляющие собой обычные кинт-реле. Первый каскад, собранный на лампе 6Н2П, запускается импульсами с частотой следования 1070 Гц , поступающими с третьего делителя. Второй каскад задержки, выполненный на лампе 6Н2П, запускается задним фронтом импульса первого каскада задержки, а для запуска кинт-реле селекторного импульса, выполненного на лампе 6Н2П, используется задний фронт импульса второго каскада задержки. На селектор, собранный на трех лампах типа Л2Е, подаются селекторный импульс и импульсы со второго делителя. Селектор выдает импульсы, совпадающие по времени с импульсами второго делителя. Этим обеспечивается получение задержки относительно импульсов третьего делителя участка 20 км (точное по 20 км (132 мкс), поскольку частота следования импульсов второго делителя равна $7,5 \text{ кГц}$). Подложительные импульсы на выходе селектора через фазоинвертор, собранный на лампе 6Н1П, запускают генератор пилообразного напряжения в ножках «20-180 км» переключателя В. Это напряжение через паразитный усилитель, собранный на лампе 6Н1П, подается на торсионально отклоняющие пластины 20 км (группой развертки). Импульсы с селектора запускают также схему фантаскопа, обеспечивающую перемещение 3-км строка. Зануль-

фантастроны на дистанции 0—20 км осуществляется от импульса третьего делителя. Фантастрон собран на лампе 6Ж2П, кипп-реле 3-км, строба — на лампе 6Н6П. Импульсом 3-км строба запускается генератор пилообразного напряжения. Это напряжение поступает на парафазный усилитель и далее на горизонтально отклоняющие пластины точной развертки.

Таким образом, на всех участках дистанции сохраняется положение 3-км строба на развертке, поскольку кипп-реле 3-километрового строба запускается задним фронтом импульса фантастроны. Импульс подается на грубую развертку (в виде яркостной отметки), на генератор точной развертки, собранный на лампе 6Н6П, и на селектор формирования узкого строба.

Формирование импульсов запуска передатчика производится при помощи кипп-реле задержки, собранного на лампе 6Н2П. Импульс запуска передатчика, задержанный относительно третьего делителя на 4 км (26,4 мкс), поступает на селекторный каскад, собранный на трех диодах типа Д2Е. Одновременно на селектор поступают импульсы с первого делителя с частотой следования 37,5 кГц. Селекторный каскад выбирает один импульс первого делителя, совпадающий по времени с импульсом кипп-реле, который и запускает блокинг-генератор импульсов запуска передатчика, собранный на лампе 6Н1П по обычной схеме. С выхода блокинг-генератора импульсы длительностью 1,0 мкс и с амплитудой порядка 160 В подаются на запуск передатчика.

Супрессорные импульсы частотой 1070 Гц используются для запираания АРУ приемника и гашения луча индикатора радиотеодолита «Малахит» на время действия импульсов передатчика.

Для запуска кипп-реле супрессорных импульсов, собранного на лампе 6Н1П, используются импульсы от третьего делителя. Импульсы положительной полярности снимаются с кипп-реле и через катодный повторитель подаются на катод трубки индикатора угловых координат радиотеодолита «Малахит». Эти же импульсы с кипп-реле одновременно подаются на фазоинвертор, собранный на лампе 6Н3П, а с выхода фазоинвертора импульсы уже отрицательной полярности подаются в схему АРУ приемника радиотеодолита. В схеме канала супрессорных импульсов предусмотрена регулировка их по длительности и амплитуде.

Для формирования узкого строба используется синусоидальное напряжение (75 кГц), которое подается на каскады фазовращателя, состоящего из фазорасщепителя, собранного на лампе 6Н1П, и моста фазовращателя. Напряжение на выходе фазовращателя линейно меняет фазу в зависимости от угла поворота ротора фазовращателя. Оно усиливается двумя кас-

кадами усилителей 75 кГц, собранных на лампах 6Н1П и 6Ж5П. Это напряжение ограничивается, дифференцируется и подается на селектор. Селектор выбирает положительный импульс продифференцированного напряжения, совпадающий по времени с 3-километровым стробом. Импульс с селектора подается через фазоинвертор на запуск блокинг-генератора узкого строба. Узкий строб подается на катод электронно-лучевой трубки и образует темновую отметку на точной развертке.

Для проверки работы фазовращателя и отсчетного устройства в блоке трубки имеется калибратор, выдающий калибрационные метки малой длительности с интервалом между метками 500 м. Высокая точность частоты следования (300 кГц) калибрационных импульсов достигается путем умножения частоты кварцевого генератора 75 кГц в четыре раза. Умножитель собран на лампе 6Ж5П по обычной схеме. Напряжение с умножителя поступает на блокинг-генератор калибратора, который выдает короткие импульсы с частотой 300 кГц. В положении «Калибратор» переключателя ВЗ на вертикально отклоняющие пластины трубки подаются импульсы калибрационных отметок.

Схема индикаторного устройства, за исключением системы питания, состоит из блока запуска и блока трубки. В блоке запуска размещены следующие основные узлы: делители, канал запуска передатчика, каскады супрессорных импульсов, фазовращатель и механизм отсчета дальности; в блоке трубки — каналы формирования грубой и точной развертки, калибратор, генератор узкого строба и индикатор визуального наблюдения за ответным сигналом радиозонда, собранный на электронно-лучевой трубке 13ЛО48. Смонтированы эти блоки каждый на отдельном стальном шасси. На передних панелях блоков размещены все органы управления работой индикаторного устройства.

3.2.5. Система электропитания

Блоки дальномерной приставки питаются от однофазной сети переменного тока 127/220 В (50 Гц) или от агрегата питания радиотеодолита «Малахит».

В состав аппаратуры электропитания входят следующие блоки (рис. 3.2.5): силовой щиток, блок питания I индикаторной стойки, блок питания II индикаторной стойки, блок питания III индикаторной стойки, блок питания передатчика.

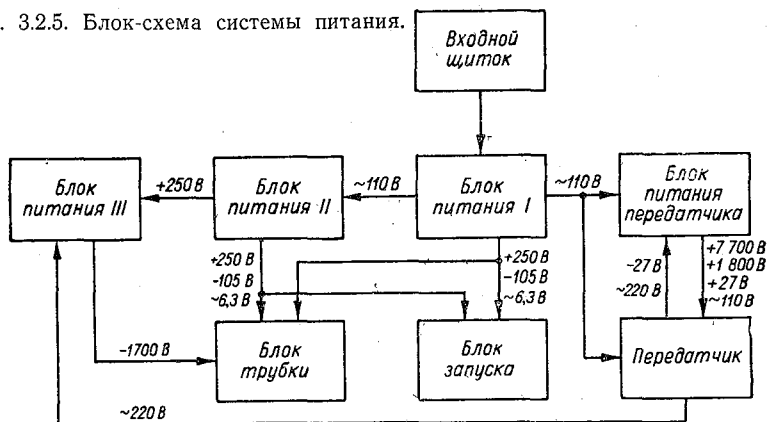
Эти блоки обеспечивают необходимыми напряжениями постоянного и переменного тока индикаторное устройство и передатчик дальномерной приставки.

Напряжение сети 127/220 В подается на регулируемый автотрансформатор блока питания I от силового щитка, такого же,

как и в радиотеодолите «Малахит». Он подключен к клеммной колодке радиотеодолита. С помощью вариатора в блоке I осуществляется понижение напряжения сети до 110 В и плавная регулировка его в пределах $\pm 10\%$. С выхода вариатора переменное напряжение 110 В подается на выпрямители блоков I, II и III, а также на вентиляторные моторы и передатчик.

От блока питания II переменное напряжение накала 6,3 В подается на блок трубки, а выпрямленное напряжение ± 250 В подается на блоки трубки, запуска, блоки питания I и III.

Рис. 3.2.5. Блок-схема системы питания.



От блока питания I напряжение накала 6,3 В подается на блок запуска, выпрямленное напряжение -105 В — на блок питания II, блоки трубки и запуска. От блока питания III выпрямленное напряжение -1700 В подается на блок трубки.

От блока питания передатчика переменное напряжение 6,3 В и выпрямленные напряжения $+1800$ и $+7700$ В подаются на блок передатчика приставки.

От блока передатчика выпрямленное напряжение -27 В и переменное 220 В подаются в блок питания передатчика для питания системы защиты и в блок питания III для питания выпрямителя и стабилизатора -1700 В.

Для обеспечения нормальной работы пеленгового канала радиотеодолита и приема звуковых сигналов радиозонда при работе передатчика дальномерной приставки необходимо подавить запросные импульсы передатчика приставки, приходящие на индикатор угловых координат радиотеодолита, и отфильтровать в звуковом канале приемника частоту 1070 Гц, соответствующую частоте следования запросных импульсов, так как она затрудняет прием звуковых сигналов радиозонда.

В связи с этим в схему индикатора радиотеодолита «Малахит» внесены изменения, которые позволили ликвидировать помехи за счет запросных импульсов и отражений от местных предметов. Для этого на катод электронно-лучевой трубки индикатора радиотеодолита подается от блока запуска положительный супрессорный импульс такой же длительности, как и супрессорный импульс, подаваемый в цепь АРУ приемника. Супрессорный импульс гасит трубку индикатора угловых координат и тем самым снимает с экрана трубки изображения запросного импульса и отраженных импульсов от местных предметов. Поскольку пеленгуемый передатчик-ответчик радиозонда излучает импульсы пеленга все время, кратковременное гашение трубки на время до 70 мкс с частотой 1070 имп/с не нарушает нормальную пеленгацию радиозонда.

3.2.6. Настройка дальномерной приставки радиотеодолита «Малахит»

Настройка дальномерной приставки сводится к установке рабочих режимов в блоке запуска, передатчике и блоке трубки. Вся настройка производится при помощи приборов, входящих в комплект аппаратуры радиотеодолита и приставки.

Включение дальномерной приставки. После окончания монтажа аппаратуры и включения напряжения питания выполняются следующие операции.

1. Переключатель вольтметра на блоке питания I устанавливается в положение «127 В» или «220 В» в зависимости от напряжения питающей сети.

2. Переключателем «Питание» блока питания I включается напряжение 110 В на все блоки приставки, напряжение 110 В контролируется вольтметром, а вращением ручки вариатора устанавливается на выходе напряжение 110 В. При этом на блоке питания II загораются лампочки «Накал» и «Анод».

3. На блоке питания передатчика выключатель «Сеть» ставится в положение «Включено». При этом загораются сигнальные лампочки «Накал» на блоке питания передатчика и «Накал ГИ-17» на блоке передатчика. Через 3 мин после включения выключателя «Сеть» включается переключатель «Высокое». В промежуточном положении переключателя «Высокое» загорается сигнальная лампочка «Высокое» на блоке питания передатчика, сигнализирующая о подаче на передатчик напряжения +1,8 кВ.

4. С помощью контрольного прибора на блоке питания передатчика проверяются величины высокого напряжения 7,7 и 1,8 кВ.

5. По миллиамперметру на блоке передатчика контролируется средний ток генераторных ламп.

6. Выключение приставки производится в обратном порядке.

Настройка индикаторного устройства. При включении индикаторного устройства на экране электронно-лучевой трубки должны появиться две линии развертки. При этом тумблеры «Работа—Контроль» и «Работа—Калибратор» должны быть в положении «Работа». На грубой развертке должна быть яркостная отметка (3-км строб), а на точной — темновая отметка в виде разрыва линии развертки (узкий строб). С помощью потенциометров «Горизонт. смещение», «Верт. смещение», «Фокус» и «Яркость» производится установка разверток и их нормальная яркость.

Для проверки контрольной развертки тумблер «Работа—Контроль» ставится в положение «Контроль». Контрольная развертка должна состоять из семи ярких участков, на одном из которых должна быть более яркая отметка от 3-км строга. С помощью кабеля соединяются разъемы «Контроль» блоков трубки и запуска. Переключатель «Контроль» на блоке запуска ставится в положение «I—II дел.», а тумблер «Работа—Калибратор» — в положение «Калибратор»; ручка «Усиление» на блоке трубки устанавливается в правое положение. На каждом ярком участке должны быть четыре импульса первого делителя (меньшей амплитуды) и один импульс второго делителя (большей амплитуды), в противном случае с помощью потенциометров, выведенных под шлиц соответствующих делителей, добиваются нормальной работы делителей. Затем тумблер «Работа—Контроль» ставится в положение «Работа». Вращая штурвал механизма дальности, установить шкалу на дистанции 10—20 м. 3-км строб (яркостная отметка на грубой развертке) должен находиться в начале грубой развертки и подсвечивать первый импульс, который должен появиться на точной развертке. В случае, если строб находится на другой дистанции, его следует установить с помощью потенциометра «Начало», выведенного под шлиц на передней панели блока запуска. После этого, вращая штурвал, установить отсчетную шкалу в положение 19,85 км. При этом на грубой развертке должен подсвечиваться 3-км стробом шестой импульс, который должен быть виден и на точной развертке. Если строб находится в другом положении, то потенциометром «Конец» строб устанавливается в нужное положение. После этого проверяется положение строга в начале дистанции, и, если требуется, производится повторная регулировка положения строга.

После проверки положения 3-км строга проверяется точность работы отсчетного устройства. Для этого переключатель «Контроль» ставится в положение «Калибратор». На развертках

должны появиться амплитудные калибрационные отметки. Вращением штурвала механизма дальности совмещается начало переднего фронта или вершина калибрационной отметки с темновым визиром на точной развертке и считывается значение дальности по шкалам механизма. Расстояние между двумя калибрационными отметками, измеренное по шкалам, должно быть 500 ± 10 м.

После проверки механизма дальности с помощью переключателя «Контроль» проверяется наличие супрессорных импульсов и импульса запуска передатчика. Для этого переключатель «Дистанция» ставится в положение «0—20 км». Затем, проверив наличие указанных импульсов, тумблеры «Работа—Калибратор» и «Работа—Контроль» ставятся в положение «Работа».

Настройка передатчика заключается в установке рабочей частоты 216 МГц. Для этого включают волномер ВСТ-1 с петлей связи на входе, которую помещают в щель «Волномер» на передней панели передатчика. Вращая ручку «Настройка», устанавливают требуемую частоту настройки передатчика по волномеру.

Настройка приемника на рабочую частоту осуществляется с помощью ручки «Настройка» по максимальной амплитуде сигнала передатчика-ответчика радиозонда на индикаторе угловых координат. Передатчик-ответчик перед выпуском настраивается на частоту 216 МГц. Контроль за настройкой осуществляется волномером ВСТ-1.

Важным моментом при настройке приемника является установка АРУ, которая производится следующим образом. Включается передатчик-ответчик с замкнутыми проводами манипуляции, тумблер В2 («АРУ—Выкл.») ставится в положение «Выкл.», ручка «Усиление» приемника — в крайнее правое положение. На индикаторе угловых координат устанавливается ограниченная амплитуда сигнала, равная 60 мм. Тумблер В2 («АРУ—Выкл.») ставится в положение «АРУ» и потенциометром «Уст. АРУ» устанавливается амплитуда сигнала, равная 40—50% от ограниченной.

3.2.7. Проверка основных параметров дальномерной приставки

Проверка антенны и фидерного тракта производится только в режиме передачи. При проверке измеряется величина коэффициента бегущей волны (он должен быть не ниже 0,7). Для проверки необходимы следующие приборы: генератор сигналов типа ГС-6, волномер типа ВСТ-1, нагрузка типа УАЭ-5, измерительная линия типа ИЛ-Д или измеритель полных коаксиальных сопротивлений типа ИПСК-2 (для полевых условий).

Измерения производятся по той же методике, что и измерения для проверки АФС радиотехнологии «Малахит».

Для проверки работоспособности передатчика необходимы: вольтметр ВСТ-1, измеритель мощности типа ИБМ-2 или ИБМ-1, осциллограф 25-И или С1-5.

Исправный передатчик должен иметь следующие параметры: длительность излучаемого импульса $2 \pm 0,3$ мкс; длительность переднего фронта между уровнями 0,1 и 0,9 амплитуды должна быть не более 0,15 мкс; излучаемая импульсная мощность не менее 30 кВт; рабочая частота 216 МГц (с плавной перестройкой в диапазоне 215—218 МГц).

Для проверки блока запуска необходимы осциллограф типа С1-5 или ИО-4 и ампервольтомметр АВО-5. С помощью этих приборов можно проверить частоту кварцевого генератора 75 кГц (один период имеет длительность 13,2 мкс). В левых условиях частоту 75 кГц можно проверить с помощью механизма дальности (один период соответствует по шкале дальности 2000 м).

При проверке работы делителей необходимо осциллограф подключить к третьей обмотке блоккинг-трансформатора соответствующего делителя. Для первого делителя расстояние между импульсами должно быть 26,4 мкс, для второго 132 мкс. С выхода третьего делителя поступают импульсы пилообразной формы, расстояние между которыми 132 мкс, длительность импульса (длительность прямого хода пилы) третьего делителя 934 мкс. На прямом ходе пилы должны быть видны семь импульсов второго делителя. Работу делителей в полных условиях целесообразно проверять с помощью блока трубки по методике, кратко изложенной в п. 3.2.6. Канал фазовращателя проверяется с помощью осциллографа — амплитуды напряжений на платинках фазовращателя должны быть равны. Супергетеродинный импульс должен регулироваться по длительности в пределах от 40 до 180 мкс; проверить это можно как с помощью осциллографа, так и с помощью блока трубки в режиме «Контроль». Для проверки блока трубки используются те же приборы, что и для проверки блока запуска. Длительность импульса на пряжения 300 кГц калибровочного генератора должна быть 3,3 мкс. Длительность прямого хода пилообразного напряжения трубой развертки должна быть 160—170 мкс, амплитуда пилообразного напряжения на выходе паразитного усилителя в каждом плече должна быть около 180 В. Длительность 3-км строка должна быть 17—19 мкс. Длительность импульса фантаскрина должна изменяться от 24 до 167 мкс (или от 4 до 24 км), проверяется это путем перемещения 3-км строка на развертке вращением штурвала механизма дальности.

Длительность импульса узкого спектра, вырабатываемого тем-
новой визир, равна 0,25—0,3 мкс.

Блоки питания проверяются с помощью прибора АВО-5
согласно принципиальным схемам и картам напряжений.
Проверка нуля дальности производится следующим обра-
зом. На расстоянии не менее 2000 м, измеренном с точностью
не хуже ± 10 м, в направлении минимальных местных предме-
тов, на высоте, позволяющей производить пеленгацию, уста-
навливается передатчик-ответчик. Включается радиотеоделит
с дальномерной приставкой. Пеленгуют установивший пере-
датчик-ответчик по угловым координатам. По ответному сит-
налу определяют до него расстояние. Если разница по рассто-
нию более ± 10 м по сравнению с известным базовым рассто-
нием до места установки передатчика-ответчика, производят
коррекцию нуля дальности. Для этого механизмом отсчета
дальности устанавливают известное базовое расстояние до не-
редатчика-ответчика и поворотом шлица «Ноль фазовраща-
(блок запуска)» подводят передний фронт ответного сигнала
к темновой визирю точной развертки. После не менее чем
трехкратной проверки нуля дальности ось «Ноль фазовраща-
нужно закончить. Правильность пеленгового направления
проверяется параллельным наблюдением в оптический визир,
установленный на антенной системе радиотеоделита.

3.2.8. Особенности техники безопасности

При работе с дальномерной приставкой следует помнить,
что в отдельных ее блоках имеются высокие напряжения — до
8000 В. Поэтому при работе с приставкой необходимо строго
соблюдать следующие правила техники безопасности.
1. Категорически запрещается включать блоки приставки
при снятых обшивках стойки.
2. В блоках, включенных на ремонтные кабели, категори-
чески запрещается производить смену ламп, подключение из-
мерительных приборов без предварительного полного отключе-
ния питания.

3. Все работы с высоким напряжением должны выпол-
няться только в присутствии двух человек, причем каждый из
них должен знать схему электропитания радиотеоделита и
приставки.

4. Все работающие с дальномерной приставкой и радио-
теоделитом должны пройти инструктаж по работе при высоком
напряжении и знать правила оказания первой помощи при по-
ражении электрическим током.

5. Запрещается вынимать блоки из стоек при включенном
питании.

Таблица 3.2.1

Основные неисправности дальномерной приставки
и способы их устранения

Признаки неисправности	Причины неисправности	Способы отыскания и устранения неисправности
1. Передатчик работает нестабильно, наблюдаются уход частоты, пробои высокочастотных элементов передатчика	Нет контакта в одном из разъемов тракта АФС приставки	Восстановить надежность соединений
2. Передатчик работает нестабильно при повороте антенны по азимуту	Замыкание между подвижной и неподвижной частью ВЧ токоотъемника	Устранить короткое замыкание путем правильной установки ВЧ токоотъемника
3. Высокое напряжение не включается (срабатывает реле перегрузки)	Нет контакта в АФС приставки	Проверить и восстановить контакты в разъемах АФС приставки
4. При включении высокого напряжения передатчика измерительный прибор показывает 20—28 мА	Нет синхронизации импульсов передатчика	Проверить и восстановить цепь импульсов синхронизации от блока запуска
5. Не включается накал генераторных ламп ГИ-17 передатчика	Неисправно аэродинамическое реле	Устранить неисправность в реле и отрегулировать его
6. При включении высокого напряжения наблюдаются сильные пробои в лампах ГМИ-83 (модулятора передатчика)	а) Пробоит импульсный трансформатор Тр20-3 б) Неисправны лампы ГМИ-83	а) Сменить трансформатор б) Сменить лампы
7. При включенном индикаторном устройстве на экране трубки нет светящихся линий (разверток) и пятен	а) На электронно-лучевую трубку не подается напряжение —1700 В б) Не подается напряжение нажала 6,3 В	а) Проверить наличие напряжения на гнезде «—1700 В» блока 18 б) Проверить наличие напряжения 6,3 В на ножовом разъеме блока трубки, при отсутствии его сменить предохранитель «3 А» в блоке 15

Признаки неисправности

Причинам неисправности

Способы отыскания и устранения неисправности

в) Не подается напряжение +250 В

8. Нет грубой развертки на экране электронно-лучевой трубки во всех положениях переключателя «Дистанция». В положении «Контроль» контрольная развертка нормальная

9. Не работает регулировка яркости луча точной или грубой развертки

10. Нет яркостной отметки 3-км стро-
ба на грубой развертке

11. При нерасключении дистанций от-
метка 3-км строба изменяет свое поло-
жение на грубой развертке

12. На экране электронно-лучевой
трубки нет грубой и контрольной раз-
вертки или длина ее меньше нормаль-
ной

13. На экране электронно-лучевой
трубки нет точной развертки или ее
длина меньше нормальной

14. Нет темновой отметки (темнового
визира) на точной развертке

Не запускается генератор пилообраз-
ного напряжения

Вышел из строя потенциометр «Яр-
кость»

а) Не работает кинип-реле 3-км стро-
ба

б) Не работает фантастрон

Неправильно работают делители ча-
стоты

Не работает парафазный усилитель
грубой развертки

а) Не работает генератор пилообраз-
ного напряжения точной развертки
б) Не работает парафазный усилитель
точной развертки

Не работает селектор узкого строба
или блоккин-генератор узкого строба

в) Проверить напряжение на кон-
трольном гнезде «+250 В» в блоке 16

Проверить и сменить лампы Л16-4
(6Н1П) и Л16-13 (6Н1П). Проверить
контакты ножевых разъемов блока 16.
Проверить и отрегулировать контакты
переключателя «Дистанция»

Проверить и заменить потенциометр
«Яркость» (R16-148 или R16-156)

а) Проверить и заменить лампу Л16-7
(6Н6П)

б) Проверить и заменить лампу Л16-6
(6Х2П)

Проверить правильность работы делан-
телей в режиме «Контроль» и устано-
вить нужный коэффициент деления с по-
мощью потенциометров R17-5, R17-99 и
R17-81

Проверить и заменить лампу Л16-14
(6Н1П)

а) Проверить и заменить лампу
Л16-15 (6Н6П)

б) Проверить и заменить лампу
Л16-12 (6Н6П)

Проверить и заменить лампу Л16-9
(6Х2П) или Л16-10 (6Н6П)

15. Нет импульса запуска передатчика
16. Нет супрессорных импульсов
17. Калибрационные отметки хаотично перемещаются по разверткам
18. На экране электронно-лучевой трубки нет точной развертки, на грубой развертке хаотично перемещается отметка или несколько отметок 3-4 см строка
19. При вращении штурвала механизма дальности темновая отметка перемещается относительно точной развертки
20. Нет напряжения на выходе варистора блока 18. Сигнальная лампа «Сеть» горит
21. Напряжение —105 и +250 В в блоке 15 не стабилизируются
22. Напряжение +250 В в блоке 15 очень мало и не регулируется потенциометром R15-13
23. В блоке 19 сигнальные лампы «Накал» и «Высокое» горят, но при постановке вклада «Контроль» в положение «+7,7 кВ» контрольный прибор напряжение не показывает
24. Отсутствует напряжение —1700 В в блоке 21
25. Отсутствует напряжение —1700 В в блоке 21 (стабилизатор L21-3 светится, горит, нет накала на лампе L21-1 (TV-50))
- Не работает блок-генератор импульсов запуска передатчика или катодный повторитель импульса запуска передатчика
- Неисправны лампы L17-3 (6Н1П) или L17-9 (6Н1П)
- Не работает умножитель частоты каллибратора
- а) Не работает кварцевый генератор
- б) Вышел из строя кварц
- Не работает фазовращатель
- Нарушен контакт щеток варистора
- Неисправен стабилизатор СГЭС
- а) Неисправна лампа L15-3 (6Ж4П)
- б) Отсутствует опорное напряжение —105 В
- Вышли из строя кенотроны в двух параллельных плечах мостовой схемы выпрямителя
- а) Нет напряжения +250 В
- б) Неисправен стабилизатор L21-3 (СГП)
- а) Не подается напряжение 220 В из блока 20
- б) Неисправна лампа L21-1 (TV-50)
- Проверить и заменить лампу L17-6 или L17-12 (6Н1П)
- Проверить указанные лампы
- Проверить и заменить лампу L17-13 (6Ж5П)
- а) Проверить и заменить лампу L17-1 (9К4П)
- б) Сменить кварц KB17-1
- Проверить мост фазовращателя. Проверить и заменить лампу L17-10
- Отрегулировать пружины, поджимающие щетки
- Сменить стабилизатор
- а) Сменить лампу
- б) Проверить напряжение —105 В
- Путем попарной смены кенотронов выявить неисправные и заменить
- а) Проверить наличие напряжения +250 В в блоках 15 и 21
- б) Сменить стабилизатор L21-3 (СГП)
- а) Проверить наличие напряжения 220 В на входной колодке блока 21
- б) Проверить и сменить лампу L21-1 (TV-50)

Глава 3.3.

РЕГИСТРИРУЮЩЕЕ УСТРОЙСТВО ПР-16

Регистрирующее устройство ПР-16 (рис. 3.3.1) предназначено для записи на диаграммной ленте измеренных радиозондом значений давления, температуры и относительной влажности в виде точек, координаты которых пропорциональны значению метеоэлемента, времени и высоте наблюдения. Радиотелеметрический канал системы зондирования атмосферы «Малахит» — А-22 образован радиозондом А-22-IV (VII) с передатчиком-ответчиком А-35-1П, радиометеорологической станцией «Малахит» и регистрирующим устройством ПР-16.

Запись метеоэлементов производится либо вручную оператором, нажатием соответствующей сигналам радиозонда кнопки полуавтоматического регистратора ПР-4М, либо автоматически с помощью всех приборов, входящих в регистрирующее устройство.

Автоматический регистратор ПР-16 работает нормально при следующих условиях:

- 1) уровень входного сигнала не менее 0,2 В;
- 2) помехоустойчивость прибора (отношение уровней сигнала и шума) 2 : 1;
- 3) частота повторения сигналов, поступающих на вход регистратора с выхода радиоприемника, находится в пределах:

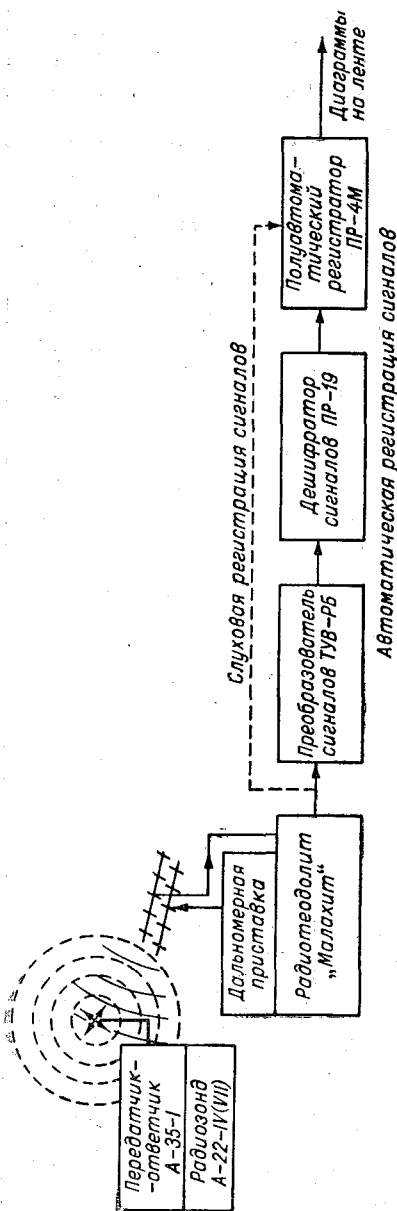


Рис. 3.3.1. Схема температурно-ветровых наблюдений с помощью передатчика-ответчика А-35-1 при слуховой и автоматической регистрации сигналов.

- а) 300—600 имп/с при замыкании цепи манипуляции радиозонда (частота сигнала «нажатия»);
- б) 40—60 кГц при размыкании цепи манипуляции радиозонда (частота сигнала «отжатия»);
- 4) допустимые пределы изменения скорости вращения кодового сектора радиозонда от 6,5 до 3,0 об/мин.

Питание автоматического регистратора ПР-16 осуществляется от сети переменного тока с частотой 50 Гц и напряжением 127/220 В $\pm 10\%$, потребляемая мощность 400 Вт.

3.3.1. Полуавтоматический регистратор ПР-4М

Регистратор ПР-4М состоит из регистрирующего устройства и лентопротяжного механизма (рис. 3.3.2, 3.3.3).

Исполнительными механизмами, осуществляющими отпечатывание точек на диаграммной ленте, являются 10 печатающих электромагнитов Э, объединенных в 10 групп по 10 электромагнитов в каждой. Управление электромагнитами производится с помощью 10 реле типа РСМ-1 и поляризованного реле ТРМ. Нормальное положение контактов реле РСМ-1 — разомкнутое, контактов реле ТРМ — замкнутое. Каждая из 10 групп электромагнитов нижними концами обмоток соединяется с контактами соответствующих реле РСМ-1, которые при замыкании подключают данный десяток к отрицательному полюсу источника питания через обмотку реле ТРМ.

При нажатии кнопки в ряду десятков (например, Т-0) происходит замыкание цепи питания соответствующего реле РСМ-1 и на его обмотку подается постоянное напряжение 70 В от выпрямителя. Реле срабатывает, контакты К1 и К2 замкнутся. Контакт К2 блокирует реле и его обмотка остается под током даже при отпускании кнопки «Т-0». Контакт К1 соединяет общие концы соответствующего десятка (в рассматриваемом примере первого) с отрицательным потенциалом источника питания.

При замыкании какого-либо контакта в ряду единиц (например, И-9) происходит соединение полюсов одноименных электромагнитов каждого десятка с положительным полюсом источника питания. При этом под напряжением окажется обмотка электромагнита, находившегося в том десятке, на который было подано напряжение при предшествовавшем замыкании контактов в ряду десятков. Этот электромагнит и отобьет точку на диаграммной ленте. Ток, протекающий через электромагнит, проходит также и через обмотку реле ТРМ. При срабатывании этого реле контакт К2 размыкается, обесточивая реле РСМ-1, а следовательно, и печатающий электромагнит.

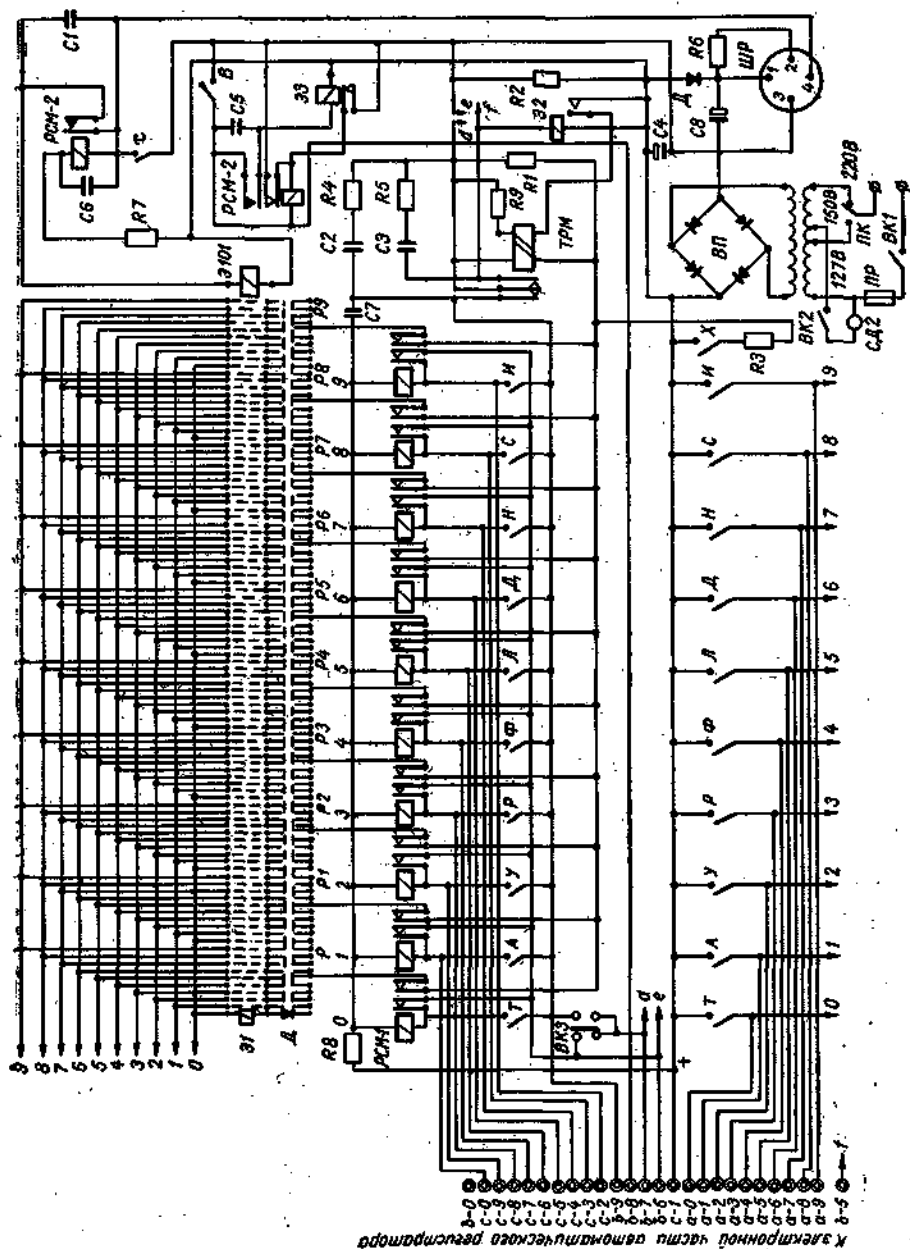


Рис. 3.3.2. Принципиальная схема полуавтоматического регистратора ПР-4М.

Поскольку при приеме могут встречаться неразборчивые сигналы, в схеме предусмотрена электрическая кнопка «Х». При нажатии этой кнопки электрический ток протекает через нагрузочное сопротивление, по величине равное сопротивлению обмотки электромагнита, и вызывает срабатывание поляризованного реле ТРМ. В результате происходит срабатывание только механизма, перемещающего трехцветную ленту, без записи сигнала на ленте регистратора.

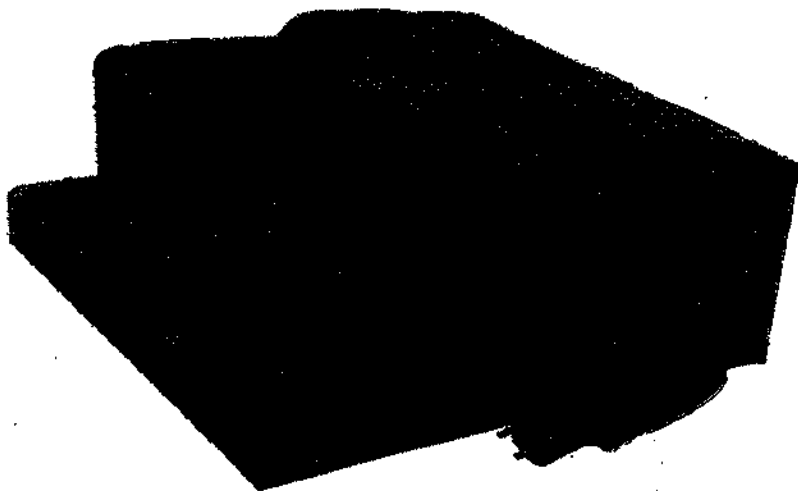


Рис. 3.3.3. Общий вид полуавтоматического регистратора ПР-4М.

С целью контроля лентопротяжного механизма и синхронизации данных температурного зондирования с данными радиотеодолита «Малахит» на краю диаграммной ленты в процессе радиозондирования через каждую минуту делаются отметки времени. Для этой цели в регистраторе установлен 101-й электромагнит, который может приводиться в действие или нажатием кнопки «т» оператором, принимающим сигналы радиозонда, или автоматически с помощью реле времени ПР-9М.

Кнопка «т» установлена на передней панели регистратора, а для присоединения реле времени предусмотрен штепсельный разъем, находящийся на задней стенке прибора.

В регистраторе имеется устройство для смены цвета регистрируемой точки (с целью отличия кривой каждого метеоэлемента). Оно работает на принципе перемещения по вертикали трехцветной копировальной ленты, установленной между бумагой и печатающими иглами.

Блок питания регистратора состоит из силового трансформатора и двухполупериодных выпрямителей на 70 и 6 В,

собранных по мостовой схеме. На выходе выпрямителя поставлен емкостной фильтр. Напряжение на выходе выпрямителя стабилизировано нагрузочным сопротивлением. К первичной обмотке трансформатора через выключатель *ВК* подключен синхронный двигатель СД-2. Контакты электрических кнопок присоединены к ножевому разъему, расположенному на левой стенке регистратора. Этот разъем предназначен для подключения полуавтоматического регистратора к электронной части автоматического регистратора. При работе ПР-4М в составе автоматического регистратора цепь самоблокировки реле РСМ-1 отключается специальным тумблером «Автомат—Полуавтомат», а напряжение питания подается через нормально разомкнутые контакты реле импульсов печати блока памяти.

Двигатель СД-2 приводит в действие лентопротяжный механизм. Ось двигателя через червячный редуктор соединена с ведущим барабаном. Диаграммная лента, сматываясь с рулона, проходит по поверхности ведущего барабана и поступает на откидной столик. Для предотвращения скольжения лента прижимается к поверхности барабана с помощью двух прижимных роликов. При включении лентопротяжного механизма диаграммная лента движется со скоростью 20 мм/мин (при частоте питающего напряжения 50 Гц).

Для регистратора применяется стандартная, разграфленная на 100 равных частей диаграммная лента марки ЛП. Ширина поля записи диаграммы составляет 275 мм.

Двигатель СД-2 через редуктор вращает также катушку, на которую наматывается трехцветная копировальная лента. Она перемещается со скоростью 20 мм/мин.

3.3.2. Реле времени ПР-9М

Реле времени предназначено для создания импульсов тока через строго установленные временные интервалы. Оно работает совместно с полуавтоматическим регистратором ПР-4М. Реле состоит из часового механизма и звукового генератора, смонтированных на общей плате (рис. 3.3.4).

Часовой механизм изготовлен на основе метеорологических часов АД-2. На нижней плате часов установлено реле тормоза, служащее для пуска и остановки баланса часов. На минутной оси находится вращающийся контакт с металлическим вкладышем. Ширина поверхности вкладыша, по которой скользит пружинный контакт, рассчитана так, что замыкание цепи длится 3—4 с. Точность часового механизма составляет ± 20 с за 1,5 ч работы.

Питание реле осуществляется от полуавтоматического регистратора с помощью специального кабеля. При подключении

питания срабатывает реле $P1$, замыкая контакт 1 и размыкая контакт 2. При этом срабатывает звуковой генератор, который дает звуковой сигнал частотой 400—800 Гц до тех пор, пока часовой механизм не будет включен тумблером BK .

Если после установки тумблера BK в положение «Пуск» звуковой сигнал прекратился, то это значит, что часы начали нормально работать. При этом срабатывает реле $P2$, специальная пружина которого пускает баланс часов.

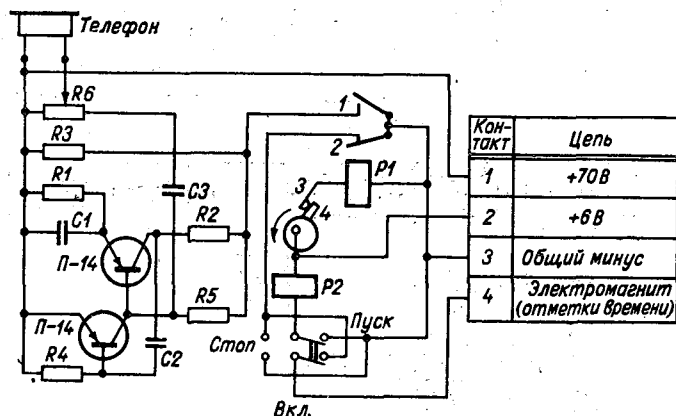


Рис. 3.3.4. Принципиальная схема реле времени ПР-9М.

При вращении минутной оси пружинный контакт 3 сходит с вкладыша 4, реле $P1$ обесточивается, контакт 1 реле разрывает цепь питания звукового генератора, а контакт 2 замыкает цепь электромагнита отметки времени полуавтоматического регистратора. При замыкании пружинного контакта 3 и вкладыша 4 соответственно включается звуковой генератор и разрывается цепь питания электромагнита отметки времени.

Таким образом, в конце каждой минуты после включения часового механизма генератор дает звуковой сигнал продолжительностью около 3 с, а электромагнит отметки времени полуавтоматического регистратора ПР-4М отбивает точку на диаграммной ленте.

По окончании работы тумблер BK переводится в положение «Стоп», при этом минутная ось продолжает вращаться. Как только пружинный контакт 3 попадет на вкладыш 4, цепь реле $P1$ замкнется и парой своих контактов 2 разорвет цепь питания реле $P2$, а специальная пружина этого реле остановит баланс часов.

Звуковой генератор собран на двух полупроводниковых триодах П-14. Регулировка громкости звукового сигнала осуществляется потенциометром $R6$. Подбором конденсаторов $C2$ и $C3$ возможна регулировка тока. Развиваемое напряжение на выходе звукового генератора не ниже 8 В. К гнездам «Телефон» присоединяется головной телефон или динамик.

3.3.3. Преобразователь сигналов ТУВ-РБ-2

Прибор служит для преобразования сигналов частотно-манипулированных передатчиком-ответчиком А-35-1П, получаемых с низкочастотного выхода радиоприемника, в посылки постоянного тока, воспроизводящие форму кодированного сообщения радиозонда (рис. 3.3.5).

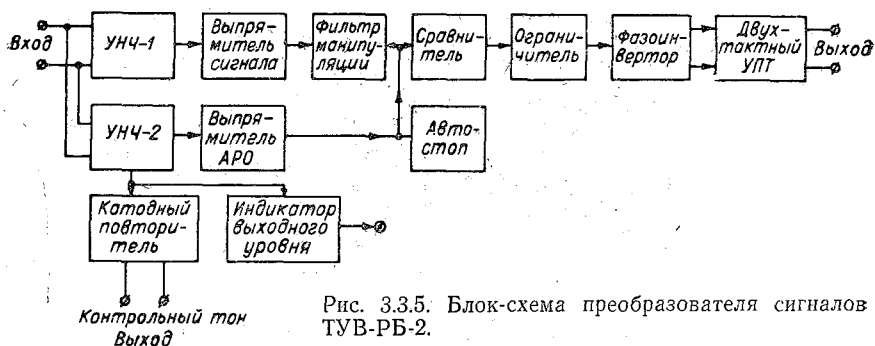


Рис. 3.3.5. Блок-схема преобразователя сигналов ТУВ-РБ-2.

Преобразователь ТУВ-РБ-2 имеет следующие технические характеристики:

- 1) диапазон рабочих частот от 200 до 1000 Гц;
- 2) входное сопротивление (в диапазоне рабочих частот) $600 \text{ Ом} \pm 20\%$;
- 3) минимально необходимый рабочий входной уровень сигнала при максимальном усилении не более 5 В;
- 4) предел допустимого входного уровня сигнала без подрегулировок (рабочая область) 60 В;
- 5) минимальный ток импульсного выхода на нагрузку (реле РП-4) не менее $\pm 50 \text{ мА}$;
- 6) амплитуда полезного сигнала, обеспечивающего работу каскадов ТУВ-РБ-2, относительно амплитуды шумов не изменяется при изменении напряжения сети на $+5\%$, -15% ;
- 7) допускается работа прибора (при сохранении качественных показателей) со скругленным фронтом входного тонального сигнала (допустимое время нарастания переднего фронта не более 1 мс) и при изменении характера манипуляции (скважности тональных сигналов) в широких пределах.

Напряжение звуковой частоты с выхода приемника усиливается двумя усилителями низкой частоты (см. рис. 3.3.5). Усиленное по амплитуде оно подается для выпрямления на каскады выпрямителя сигналов и автоматической регулировки отсечки (АРО).

После выпрямления через фильтр манипуляции импульсы постоянного тока поступают на сравнитель, на который также подаются сигналы с выпрямителя АРО. Фильтр манипуляции выполняет роль замедлителя сигналов. Он создает для системы АРО и автостопа условия, при которых сигналы АРО будут опережать по времени поступающие сигналы. Сравнитель сигналов обеспечивает на своем выходе фиксацию сигнала по исходной длительности с крутыми фронтами нарастания и спада.

Далее сигналы дополнительно формируются ограничением, изменяются по фазе в фазоинверторном каскаде и подаются на двухтактный усилитель постоянного тока (УПТ) для усиления по амплитуде. С выхода УПТ сигналы поступают на выходную нагрузку.

Тональный контроль в схеме производится через катодный повторитель, напряжение на который подается от специальной обмотки второго усилителя низкой частоты. В задачу катодного повторителя входит обеспечение развязки выхода тонального контроля от рабочей части схемы и создание бестрансформаторного низкочастотного выхода. Это в свою очередь позволяет использовать различные головные телефоны и наблюдать форму приходящих посылок на осциллографе, а также предохраняет основную схему ТУВ-РБ-2 от возможных замыканий в тракте тонального контроля.

Величина входного уровня сигнала определяется по пиковому ламповому вольтметру, состоящему из детектора, усилителя постоянного тока и собственно индикатора. Работа схемы аналогична работе схемы катодного вольтметра ВКС-7. Рабочая область шкалы индикатора закрашена. Используется единая шкала для различных плотностей (скважности) манипулированных тональных сигналов. Автостоп обеспечивает защиту от линейных помех при длительных паузах, когда напряжение АРО отсутствует. При наличии напряжения АРО постоянное «стоповое» напряжение снимается автоматически, тем самым не нарушается принцип работы переменной отсечки.

3.3.4. Дешифратор сигналов ПР-19

Дешифратор предназначен для расшифровки кодированных сигналов радиозонда и передачи их в полуавтоматический регистратор ПР-4М для записи в виде точек на диаграммной ленте (см. рис. 3.3.3, в центре).

При использовании дешифратора нужно учитывать особенности работы кодирующего устройства радиозонда А-22, которые заключаются в следующем.

1. Кодирование метеоинформации осуществляется двумя буквами кода Морзе: первая буква представляет количество десятков, а вторая — количество единиц передаваемого числа.

Кодирование всей совокупности возможных величин метеоэлементов осуществляется при помощи десяти букв (цифр):

Буквы	Т	А	У	Р	Ф	Л	Д	Н	С	И
Цифры	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Код	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

Кроме элементов (точки, тире, пауза), образующих кодовые комбинации, в сигналах радиозонда еще имеется длинное тире (синхронизирующий сигнал), передаваемое в начале каждого полного цикла¹.

2. Пауза между цифрами (буквами) приблизительно равна длительности тире. Пауза между знаками в цифре (букве) приблизительно равна длительности точки. Если длительность точки принять за единицу, то тире по длительности больше точки в пять раз, а разделительный сигнал больше тире в пять раз.

При такой соразмерности сигналов их временная длительность при минимальном и максимальном числе оборотов кодового сектора радиозонда должна быть следующей.

Длительность сигнала, мкс	Точка	Тире	Пауза между элементами буквы	Пауза между буквами	Синхросигнал
Максимальная	143	715	143	715	3575
Минимальная	66	330	66	330	1650

3. Возможны пропадания отдельных букв при замираниях, искажения сигналов из-за помех и разрывы синхронизирующего сигнала.

Дешифратор конструктивно оформлен в виде трех самостоятельных блоков: блока управления с дешифратором цифр, блока памяти и блока питания, которые смонтированы в одной стойке (рис. 3.3.6).

Блок управления с дешифратором цифр производит разделение (селекцию) кодовых элементов (точка, тире, пауза, син-

¹ Различают полный цикл (один оборот кодового сектора), цикл (один метеоэлемент) и малый цикл (одна буква с разделительной паузой).

к выходу схемы селекции, т. е. выполняет функции электронного распределителя. Подготавливая и включая соответствующие цепи, схемы сдвига осуществляет счет числа элементов в букве и передает импульсы напряжения на вход триггерного узла.

Триггерный узел запоминает элементы кода одной буквы и хранит их с момента начала ввода буквы до момента расшифровки и передачи ее в блок памяти. Триггерные ячейки соединены с соответствующими выходами одноименных ячеек схемы сдвига, которая поочередно подключает триггерные ячейки к выходу «Точка» или «Тире» схемы селекции, обеспечивая последовательность ввода кодовых элементов в триггерный узел.

Полупроводниковая решетка (схема совпадения) включена в анодные цепи триодов триггерных ячеек. Она имеет шесть пар потенциальных входов (низкого и высокого потенциалов), один импульсный вход (для прохода считывающего импульса) и десять выходов, соответствующих кодовым цифрам (буквам): 0—Т; 1—А; 2—У; 3—Р; 4—Ф; 5—Л; 6—Д; 7—Н; 8—С; 9—И.

Таким образом, при передаче радиозондом буквы (цифры) на определенном участке электрической цепи дешифратора появится импульс напряжения.

Выходы схемы совпадения соединены с входами одноименных тиратронных ячеек блока памяти. Появление импульса на каком-либо выходе схемы совпадения вызывает срабатывание одного из этих тиратронов.

Блок памяти осуществляет ввод данных и подачу команд в полуавтоматический регистратор ПР-4М, а также хранение двухбуквенных комбинаций, представляющих численное значение метеорологического элемента (номер дорожки кодового барабана радиозонда), до момента фиксации числа в виде точки на диаграммной ленте регистратора.

В состав блока входят схема памяти и ввода данных с управляющим каскадом, схема оповещения, схема печати и сброса, каскад взвода цветов.

Схема памяти и ввода данных осуществляет ввод цифр (букв) в полуавтоматический регистратор ПР-4М путем замыкания контактов ручного ввода, находящихся в регистраторе. Каждая пара цифр хранится схемой до момента регистрации.

Схема представляет собой двухразрядный десятичный регистр (десятков и единиц), собранный на тиратронах. В анодные цепи тиратронов кодовых ячеек включены реле, нормально разомкнутые контакты которых присоединены параллельно соответствующим кнопкам ручного ввода полуавтоматического ре-

хронизирующий сигнал), а также переводит входные сигналы из буквенного кода в цифровой, расшифровывая при этом отдельные цифры и передает их в блок памяти.

Блок состоит из схемы селекции, схемы сдвига, триггерного узла с полупроводниковой схемой совпадения, схемы заполнения и схемы устранения разрывов разделительного сигнала (СУР).

Роль входного элемента блока выполняет поляризованное реле РП-4, обмотка которого состоит из двух бифилярных секций: секции преобразователя сигналов и секции дешифратора сигналов.

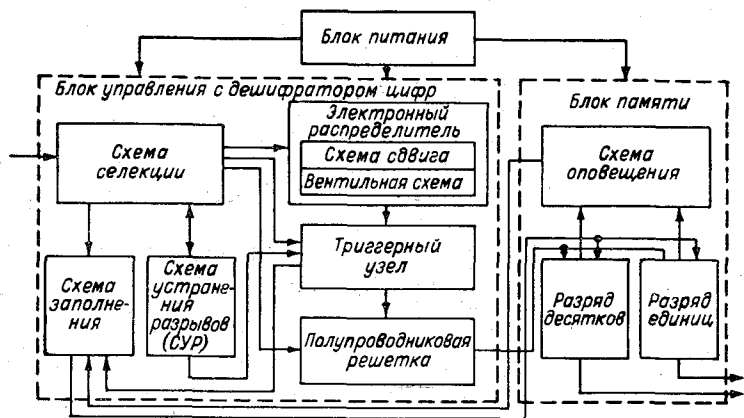


Рис. 3.3.6. Блок-схема дешифратора сигналов РП-19.

Импульсы огибающих частот сигналов «нажатия» и «отжатия» радиозонда с радиотеодолита «Малахит» поступают на преобразователь сигналов ТУВ-РБ-2. С его выхода импульсы сигнала «нажатия» положительной полярности и П-образной формы подаются на секцию преобразователя сигналов реле. На вторую секцию с мостикового выпрямителя дешифратора подается стабилизированное постоянное напряжение отрицательной полярности. Результирующее магнитное поле обмотки перебрасывает якорь реле соответственно сигналам «нажатия» и «отжатия» радиозонда. Поляризованные кодовые элементы поступают на схему селекции, где происходит разделение элементов (точек, тире, пауз, синхронизирующего сигнала) по длительности и полярности.

Импульсы «точки» и «тире» поступают на схему сдвига. Схема сдвига поочередно подключает входы триггерного узла

гистратора ПР-4М. Поджиг любого тиратрона кодовой ячейки влечет за собой замыкание контактов связанного с ним реле, т. е. ввод цифры в нужный разряд полуавтомата ПР-4М.

Схема оповещения вырабатывает импульсы напряжения, оповещающие блок управления о срабатывании разряда десятков и единиц и о прохождении синхроимпульса. Отсутствие импульса говорит о том, что была кодовая комбинация. Схема заполнения откроется и выдаст заполняющий импульс.

Схема оповещения осуществляет также запуск схем печати и сброса. По окончании ввода в блок памяти двух цифр, составляющих значение метеоэлемента, в полуавтоматическом регистраторе ПР-4М будет произведен выбор одного (из 100) печатающего электромагнита, соответствующего введенному числу. В этот момент схема почти подает напряжение на выбранный электромагнит, который и произведет отпечатывание точки в определенном месте диаграммной ленты.

По окончании печати, занимающей 0,2—0,3 с, схема производит сброс (стирание) хранящейся в ячейках памяти комбинации. После синхронизирующего сигнала производится взвод трехцветной ленты полуавтоматического регистратора каскадом взвода цветов.

В результате помех, замираний или нарушений контакта в коммутаторе радиозонда возможны разрывы или другие искажения сигналов, приводящие к разбросу точек на диаграммной ленте. Для предотвращения этого в автоматический регистратор введена схема устранения разрывов синхронизирующего сигнала. Она расположена в блоке управления и предназначена для устранения влияния кратковременных разрывов (дроблений) синхронизирующего сигнала на правильность расшифровки метеоинформации.

Блок питания обеспечивает необходимыми напряжениями элементы схемы дешифратора сигналов. Он состоит из двух самостоятельных источников питания:

- 1) источника положительного напряжения 300 В, выполненного по двухполупериодной схеме;
- 2) источника отрицательного напряжения 200 В, выполненного по мостовой схеме.

Для стабилизации выпрямленных напряжений в схемах этих источников питания применен электронный стабилизатор, который состоит из регулирующей лампы, усилителя постоянного тока, газового стабилизатора (источника опорного напряжения) и делителя напряжения.

На каркасе силового трансформатора источника — 200 В расположены накальные обмотки. Кроме этого, в блоке питания находится имитатор сигналов радиозонда, являющийся контрольным приспособлением.

3.3.5. Эксплуатация регистратора ПР-16

Подготовка к работе преобразователя сигналов ТУВ-РБ-2 начинается с присоединения соединительной линии от выхода приемника радиотеодолита «Малахит» к клеммам 6 и 9 правой гребенки преобразователя. Через 1,5—2 мин после включения тумблера питания ТУВ-РБ-2 подают сигналы радиозонда и регулировочным винтом «Уст.—0» устанавливают стрелку индикатора входного уровня сигнала в крайнее левое положение. Переключатель «МТ-4—Линия» устанавливают в положение «МТ-4». Регулировочным винтом «Автостоп» производят регулировку стопового напряжения, по которому устанавливается уровень отсечки линейных помех. Контроль необходимого уровня отсечки осуществляется по прохождению сигналов радиозонда через дешифратор сигналов ПР-19. Для эффективного преобразования сигналов стоповое напряжение должно быть максимальным. Соответственно ручку потенциометра «Автостоп» необходимо повернуть вправо до отказа.

Переключатель «Выход — +А — Смещение» устанавливают в положение «Выход». Ручку «Вход» выводят в крайнее левое положение. При этом стрелка индикатора входного уровня сигнала должна быть левее контрольной риски. Затем, плавно поворачивая ручку «Вход» по часовой стрелке, находят положение, при котором начнется четкая регистрация сигналов радиозонда автоматическим регистратором. Запоминают положение стрелки индикатора в этот момент. Продолжая вращать ручку по часовой стрелке, находят другое положение, при котором регистратор начнет давать сбой сигналов. Положение стрелки индикатора также запоминают. Отклонение стрелки до момента, при котором начнется сбой сигналов, не должно выходить за пределы закрашенного сектора шкалы. Практически она отклоняется немного правее контрольной риски (8—10 мм). Окончательным положением ручки «Вход» будет такое, при котором стрелка индикатора займет среднее положение между началом четкого срабатывания регистратора и началом сбоя.

Одновременно ручкой «Баланс», вращая ее вправо или влево, добиться равенства токов по индикатору выходных импульсов при следовании сигналов «нажатия» и «отжатия». При этом величина токов должна быть достаточной (не менее 50 мА) для срабатывания автоматического регистратора ПР-16. Стрелка прибора отклоняется вправо при следовании сигналов «нажатия» и влево при следовании сигналов «отжатия».

Положение ручки «Баланс» при дальнейшей работе автоматического регистратора с другими радиозондами практически не меняется. Регулировочным винтом «Отсечка» пользуются

в тех случаях, когда необходимо уменьшить влияние помех на качество работы ТУВ-РБ-2.

Подготовка полуавтоматического регистратора ПР-4М.

Оттянув в стороны две рукоятки, находящиеся на боковых платах ПР-4М, приподнимают откидной столик регистратора и проверяют наличие и количество диаграммной ленты на рулоне. Если лента на исходе, ее заменяют новым рулоном. При установке нового рулона обращают внимание на точность фиксации перфоленты выступами барабана. В случае несовпадения подрегулировать левый диск, зажимающий рулон диаграммной ленты. Переключатель «Автомат—Полуавтомат» устанавливают в положение «Полуавтомат». Включают питание прибора тумблером «Сеть» и проверяют работу электромагнита отметки времени. При нажатии кнопки «т» электромагнит должен срабатывать и на краю ленты регистратора с левой стороны в неразграфленной ее части должна отпечатываться точка.

Проверяют работу всех электромагнитов. Для этого последовательно производят нажатие электрических кнопок (Т, А, У, Р, Ф, Л, Д, Н, С, И). Нажимают кнопку «Т», расположенную в верхнем ряду, затем кнопку «Т» в нижнем ряду. Должна отпечататься точка, расположенная на середине между нулевой и 1-й линией диаграммной ленты. Далее, после нажатия кнопки «Т» верхнего ряда нажимают кнопку «А» нижнего ряда. Должна отпечататься точка на середине между 1-й и 2-й линиями диаграммной ленты. Эти операции повторяют, нажимая в нижнем ряду кнопки в той последовательности, как они расположены. После набора сигнала «ТИ» начинают набор сигналов следующего десятка, нажимая в верхнем ряду кнопку «А». Набрав последний сигнал «ИИ», поворачивают от руки барабан, перемещающий перфорированную диаграммную ленту, и рассматривают полученную запись точек. Точки должны быть записаны на одной линии, без пропусков, на равных расстояниях одна от другой и располагаться каждая между соответствующими линиями диаграммной ленты. Если точки печатаются не на середине расстояния между линиями, т. е. нарушена правильность установки колодки с печатающими иглами, то, ослабив два винта, закрепляющих колодку, перемещают ее вправо или влево так, чтобы первая точка печаталась на середине между нулевой и 1-й линиями, а последняя — на середине между 99-й и 100-й линиями ленты.

Далее проверяют работу механизма смены цвета записи. Для этого нажимают кнопку «В». Трехцветная копировальная лента должна занять крайнее верхнее положение. После этого производят набор любых трех комбинаций из двух букв, соответствующих приему сигналов радиозонда за один поворот кодового барабана. На ленте регистратора должны отпечататься

три точки разного цвета. После этого сдвигают диаграммную ленту поворотом барабана и повторяют указанные операции. Должны снова отпечататься точки тех же цветов.

Затем проверяют работу лентопротяжного механизма — включают его, переводя ручку тумблера с надписью «Лента» в положение «Вкл.», и определяют скорость перемещения диаграммной ленты, для чего в течение 5 мин на диаграммной ленте через каждую минуту ставят точку, нажимая кнопку «т». Точки должны отстоять друг от друга на равных расстояниях. Расстояние между любыми двумя точками должно равняться $n \times 20 \pm 1$ мм, где n — число минут (от 1 до 5). При этом диаграммная лента должна двигаться равномерно и без перекосов.

В случае неисправности полуавтоматического регистратора принимают меры по ее устранению или заменяют ПР-4М запасным.

После этого проверяют работу реле времени ПР-9М. Для этого включают тумблер реле в положение «Пуск» и проверяют отметки времени. Если ПР-9М неисправен, то отметку времени при приеме сигналов производят по секундомеру нажатием кнопки «т».

При нормальной работе регистратора ставят переключатель в положение «Автомат» и производят проверку прохождения сигналов имитатора, сигналов радиозонда в полуавтоматический регистратор. Контроль прохождения сигнала производится по диаграммной ленте, на которой при правильной работе должны отпечатываться точки на дорожках 13, 78 и 50.

Общие сведения по эксплуатации ПР-16. После подготовки и проверки отдельных приборов автоматического регистратора производят проверку всего комплекса ПР-16 по работающему передатчику. Как правило, такую проверку осуществляют перед выпуском радиозонда при включенном приемнике радиотеодолита «Малахит». В этом случае проверяют правильность прохождения сигналов радиозонда через блок управления и блок памяти ПР-19, а также работу полуавтоматического регистратора ПР-4М. Отпечатываемые точки метеозаписей на диаграммной ленте при выдержке радиозонда должны находиться на дорожках, соответствующих передаваемому радиозондом сигналу. Последовательность операций при этом должна быть следующая:

- 1) антенну радиотеодолита развернуть в сторону места выпуска радиозонда;
- 2) по несущей частоте радиозонда настроить приемное устройство радиотеодолита;
- 3) ручкой «Вход» ТУВ-РБ-2 добиться четкой работы дешифратора сигналов ПР-19;

4) на дешифраторе сигналов ПР-19 переключатель «Скорость вращения» установить в положение «Нормально»;

5) проверить правильность прохождения сигналов радиозонда через дешифратор сигналов. При необходимости регулируют поджиг тиратронов ручкой «Рег. поджига»;

6) проверить работу полуавтоматического регистратора (четкость срабатывания электромагнитов печати по сигналам метеоинформации радиозонда, качество отпечатывания точек метеозаписей, работу реле времени и «Взвод цветов»).

При эксплуатации ПР-16 необходимо помнить, что:

а) если схема заполнения не работает, то (как временная мера) переключатель «Запуск» нужно поставить в положение «Выкл.». При этом следует учесть, что количество ошибок возрастет. Нормальное положение переключателя «Запуск» — положение «I»; в положение «III» не включать;

б) если сигналы радиозонда передаются со скоростью, меньшей 3 об/мин, переключатель «Скор. вращ.» в дешифраторе ПР-19 следует установить в положение «Меньше». При этом диапазон скоростей вращения кодового сектора радиозонда, при которых может производиться регистрация, станет равным 2—3,5 об/мин;

в) если регистратор работает в условиях одновременного изменения напряжения и частоты сети на $\pm 10\%$, то питание регистратора следует производить через феррорезонансный стабилизатор ЭПА-27;

г) после каждых двух часов непрерывной работы дешифратора необходимо выключать не менее чем на 60 мин;

д) дешифратор должен работать с подключенным вентилятором, который устанавливают на откидной дверце задней стенки; гнезда питания вентилятора находятся на задней стенке блока питания;

е) если невозможно разместить дешифратор сигналов ПР-19 и полуавтоматический регистратор ПР-4М на одном столе, то удлиняют соединительный кабель Сб-9 до 3500—4000 мм монтажным проводом МГВ-0,5 или ему равноценным. При этом пайку проводов производят бескислотным способом. Для предохранения кабеля от механических повреждений его обматывают киперной лентой и пропитывают шеллаком. Возможно применение других методов изоляции (металлическая оплетка, хлорвиниловая или резиновая трубка).

Хранение и ремонт автоматического регистратора. Автоматический регистратор ПР-16 состоит из сложных приборов, которые требуют аккуратного обращения и ухода в процессе эксплуатации. Для того чтобы прибор надежно и правильно работал, необходима хорошая защита его от действия пыли и влаги. При длительной эксплуатации надо проводить периодические

Таблица 3.3.1

Основные неисправности регистрирующего устройства
и способы их устранения

Признаки неисправности	Причины неисправности	Способы отыскания и устранения неисправности
1. Полуавтоматический регистратор ПР-4М		
1. На диаграммной ленте отпечатываются точки только одного или нескольких десятков. При нажатии кнопки единицы слышатся многократные удары игловок	Замыкание (залипание) контактов включения электромагнитов одного или нескольких десятков	Вскрыть дно ПР-4М и отрегулировать контакты
2. При нажатии кнопки в ряду десятков происходит отпечатывание одной или нескольких точек на диаграммной ленте. Слышатся многократные удары игловок	Замыкание (залипание) одного или нескольких контактов включения электромагнитов в ряду единиц	Вскрыть дно ПР-4М и отрегулировать контакты
3. На дорожках диаграммной ленты отпечатывается одинаковая цифра (буква) в различных десятках	Задание кнопок единиц вследствие большого трения в отверстиях	Увеличить диаметр отверстий, устранить задание
4. Диаграммная лента смещается с ведущего барабана вправо или влево	Перекос ведущего барабана	Осмотреть состояние осей барабана и устранить перекос
2. Тональный усилитель-выпрямитель ТУВ-РВ-2		
1. Индикатор входного уровня сигнала не показывает наличия тока в цепи. Приемное устройство РМС исправно	а) Неисправна соединительная линия б) Обрыв обмотки входного трансформатора в) Неисправна лампа Л УНЧ	а) Устранить неисправность в линии, проверить контакты б) Заменить или устранить обрыв в) Заменить лампу 6Н8С

2. Величина входного уровня сигнала не поддается регулировке регулятором «Вход»	Нарушен контакт в цепи переменного сопротивления регулятора напряжения	Проверить монтаж, деталь, устранить дефект
3. Индикатор выходных импульсов показывает заниженный анодный ток	Неисправен двухтактный усилитель постоянного тока; потеря эмиссии лампой Л6, нарушение контакта в цепи управляющей сетки лампы	Заменить лампу УПТ (6Н8С), проверить исправность схемы, устранить дефект
4. При следовании сигналов «нажатия» и «отжатия» напряжения на выходе ТУВ-РБ-2 не балансируются	а) Неисправна лампа Л6 выходного каскада УПТ б) Неисправно сопротивление утечки в цепи управляющей сетки Л6	а) Заменить лампу б) Проверить величину сопротивления авометром, заменить лампу
5. Ручкой «Установка нуля» стрелка индикатора входного уровня не устанавливается на нуль	Неисправен каскад УНЧ; отсутствует напряжение смещения на лампе Л1	Авометром проверить величину сопротивления утечки в цепи сетки лампы Л1 (6Н8С), заменить лампу
6. Индикатор выходных импульсов при проверке не показывает анодного тока и тока смещения	Отсутствуют питающие напряжения на лампах ТУВ-РБ-2 а) Сгорел предохранитель б) Неисправна лампа двухполупериодного выпрямителя в) Сгорело одно из проволочных сопротивлений делителя напряжения R14, R15; R16	а) Заменить предохранитель б) Заменить кенотрон 5Ц4С в) Проверить целостность деталей авометром (сопротивление 8750 Ом, ток 35 мА); заменить некорректное сопротивление
-
3. Дешифратор сигналов ПР-19
- | | | |
|---|--|--|
| 1. При переключении тумблера «8,5 об/мин—3,5 об/мин» нет сигналов имитатора одной или обеих скоростей. Диски имитатора вращаются нормально. Сигналы от преобразователя ТУВ-РБ-2 и ручного набора проходят нормально | а) Неисправна контактная система имитатора сигналов
б) Неисправен переключатель Пер 2-5
в) Нет контакта в разъемах блока питания или блока управления; недостаточная пайка в монтаже | а) Провести регламентные работы в соответствии с инструкцией по эксплуатации
б) Заменить переключатель
в) Проверить соответствующие цепи и устранить неисправность |
|---|--|--|

Признаки неисправности	Причины неисправности	Способ отыскания и устранения неисправности
2. Не поджигается один из тиратронов триггерных ячеек дешифратора цифр или схемы сдвига (электронного распределителя)	Изменился потенциал поджига одного из тиратронов	Заменить исправным, имеющим примерно одинаковый с работающими тиратронами потенциал поджига
3. Четкая работа схемы сдвига (электронного распределителя) дешифратора цифр	а) Не отрегулирован момент поджига тиратронов б) Изменились величины сопротивлений R3-1, R3-13 в) Изменился потенциал поджига тиратрона	а) Ручкой «Рег. поджига» отрегулировать поджиг б) Проверить сопротивление, в случае необходимости заменить в) Заменить тиратрон исправным
4. При средней скорости вращения кодового барабана радиозонда искажаются сигналы метеозлементов	Не отрегулированы постоянные времени ячеек селекции	Отрегулировать работу ячеек селекции согласно Инструкции по эксплуатации ПР-16
5. На диаграммной ленте не отмечаются точки метеозлементов в одном из десятков. ПР-4М исправен	В блоке памяти вышел из строя один из тиратронов разряда десятков или соответствующее ему реле РСМ-1	Определить неработающий тиратрон (реле) и заменить
6. На диаграммной ленте не отмечаются точки метеозлементов одной и той же цифры (буквы) во всех десятиках. ПР-4М исправен	В блоке памяти вышел из строя один из тиратронов разряда единиц или соответствующее ему реле РСМ-1	То же
7. На диаграммной ленте метеозлемнты отмечаются беспорядочно; сигнальные лампы блока памяти в разрядах десятков и единиц сбрасываются одновременно	Перегорело сопротивление в общей цепи катодов тиратронов в разряде десятков или единиц	Проверить сопротивление R4-22 и R4-30, неисправное заменить
8. Имитатор сигналов вводит в дешифратор цифр искаженный сигнал	а) Плохие контакты поверхности кодовых клемм б) Мало нажатие контактной пластинки имитатора	а) Подчистить контакты б) Увеличить нажатие

- в) Обрыв в цепи любого кодового знака
 г) Увеличилась площадь неподвижного контакта за счет стирания металла
- Вышло из строя реле МКУ-2 блока памяти
- Замыкание реле РСМ в разрядах десятков и единиц
- а) Перегорела лампа *Л1-2*
 б) Неисправен тумблер *ВК*
 в) Обрыв в шнуре, подающем питание
 г) Перегорел предохранитель
- а) Пружина задней стенки не прижимает микровыключатель автоблокировки
 б) Неисправен микровыключатель автоблокировки
 в) Обрыв шнура питания
- а) Перегорела лампа *Л2-4*
 б) Неисправен тумблер *Пер2-3*
- Неправильная установка переключателей напряжения сети
- Короткое замыкание в цепи накала лампы
9. ПР-19 не выдает импульсов печати. ПР-4М исправен. Контрольные приборы ПР-19 показывают, что сигналы радиосюда проходят нормально
10. На ленте отпечатываются одновременно две точки. Регистратор ПР-4М исправен
11. При включении прибора не загорается сигнальная лампа
12. После включения в сеть нет показания прибора «Напряжение сети»
13. При включении тумблера *Пер2-3* не горит сигнальная лампа в блоке питания. Предохранитель *Пр2-2* цел
14. При включении сети сгорают предохранители *Пр2-2* и *Пр2-4*
15. Сгорает предохранитель *Пр2-2*
- в) Устранить обрыв
 г) Заменить запасным контактом
- Проверить реле и устранить дефект
- Проверить реле и в случае необходимости заменить
- а) Заменить лампу
 б) Проверить и заменить тумблер
 в) Устранить обрыв
- г) Проверять и заменить предохранитель
- а) Проверять и устранить неисправность
 б) Проверить и заменить микровыключатель
- в) Проверять и устранить неисправность
- а) Заменить лампу
 б) Проверять и заменить тумблер
- Установить переключатели в нужное положение
- Послеочередным отключением блоков найти место замыкания и устранить причину

Признаки неисправности	Причины неисправности	Способы отыскания и устранения неисправности
16. При включении тумблера «Высокое» не загорается лампа «Анод» (или «Смещ.»). Предохранитель <i>Pr2-2</i> (или <i>Pr2-1</i>) цел	а) Неисправна неоновая лампа <i>H2-4</i> или <i>H2-2</i> б) Неисправен тумблер <i>BK-2</i> в) Неисправен патрон	а) Заменить лампу б) Проверить и заменить тумблер в) Устранить причину или заменить патрон
17. Срабатывает предохранитель <i>Pr2-3</i> (или <i>Pr2-1</i>)	Неисправность в цепи анодного питания (или смещения)	Почередным отключением блоков найти место неисправности и устранить причину
18. При подключении прибора «Конур. напряжения» к гнезду «—200» показания прибора значительно отличаются от 40 мА	Неисправна лампа <i>J2-1</i> или <i>J2-3</i>	Произвести поочередную замену ламп
19. То же, что и в п. 18 при подключении прибора к гнезду «+300»	Неисправна лампа <i>J2-1</i> или <i>J2-3</i>	Произвести поочередную замену ламп
20. Не поджигается тиратрон <i>J1-26</i> схемы сдвига. Первый триггер (<i>J1-18</i>) триггерной схемы цифр опрокидывается нормально	а) Не отрегулирована величина поджигающего импульса б) Отсутствует поджигающий импульс в) Не работает тиратрон <i>J1-25</i> или <i>J1-26</i>	а) Произвести настройку в соответствии с п. 6 раздела «Подготовка к работе дешифратора» Инструкции по эксплуатации б) Проверить исправность разъемов. Проверить целостность монтажа и деталей, заменить <i>J1-7</i> в) Проверить целостность монтажа, деталей и заменить <i>J1-25</i> или <i>J1-26</i>
21. То же, что и в п. 20, но триггер <i>J1-18</i> триггерной схемы не опрокидывается	Нет импульса на сопотналении <i>R1-106</i>	Проверить исправность разъемов. Проверить целостность монтажа, деталей и поочередно заменить лампы <i>J1-2</i> и <i>J1-17</i>
22. Не поджигается тиратрон <i>J1-27</i> или <i>J1-28</i> схемы сдвига. Поджиг и гашение тиратрона <i>J1-28</i> происходит нормально	а) Не отрегулирована величина поджигающего импульса	а) Произвести настройку в соответствии с п. 6 раздела «Подготовка к работе дешифратора» Инструкции по эксплуатации

23. Не поджигается тиратрон <i>Л1-26</i> схемы сдвига. Сброс комбинаций с триггеров тригтерной схемы происходит нормально	б) Не работает тиратрон	б) Проверить целостность монтажа, деталей, неисправный тиратрон заменить
24. То же, что в п. 23, но сброс комбинаций с триггеров отсутствует. Тиратрон <i>Л1-17</i> вслед за первым знаком, следующим за разделительным сигналом, поджигается (кноп-реле <i>Л1-4</i> работает нормально)	Не работает тиратрон <i>Л1-25</i>	Проверить целостность монтажа, деталей, заменить тиратрон <i>Л1-25</i>
25. То же, что в п. 24, но тиратрон <i>Л1-17</i> после разделительного сигнала не поджигается	Нет импульса «Малый сброс»	Проверить исправность разъемов. Проверить целостность монтажа, деталей, поочередно сменить лампы <i>Л1-5</i> и <i>Л1-6</i>
26. Ни один из четырех триггеров (<i>Л3-19, Л3-21, Л3-23</i>) тригтерной схемы не опрокидывается. Опрокидывание нечетных триггеров (<i>Л1-18, Л1-20, Л1-22</i>) происходит нормально	Не срабатывает кноп-реле <i>Л1-4</i>	Проверить целостность монтажа, деталей, поочередно сменить лампы <i>Л1-2, Л1-3</i> и <i>Л1-4</i>
27. Отсутствует сброс комбинации с триггеров тригтерной схемы. Тиратрон <i>Л1-25</i> схемы сдвига поджигается	Нет импульса на сопротивлении <i>Р1-111</i>	Проверить исправность разъемов. Проверить целостность монтажа, деталей, поочередно сменить лампы <i>Л1-1, Л1-9</i> и <i>Л1-10</i>
28. Не опрокидывается какой-либо из нечетных триггеров (<i>Л1-18</i> или <i>Л1-20, Л1-22</i> или <i>Л1-24</i>) тригтерной схемы	Импульс «Малый сброс» не попадает на левые сетки триггеров. Большое смещение на левых сетках триггеров	Проверить конденсатор <i>С1-51</i> и сопротивления <i>Р1-181</i> и <i>Р1-182</i> , а также монтаж цепей этих деталей
	Импульс с выхода левой половины (<i>Л1-16, Л1-19</i>) соответствующей ячейки схемы сдвига не поступает на вход этого триггера. Не работает тригтер	Проверить наличие импульса «Почка» в соответствующем гнезде пятигнездной измерительной колодки <i>П1</i> на лицевой панели блока управления. Если импульс отсутствует, проверить целостность монтажа и детали данной половины ячейки. Проверить монтаж и заменить лампу

Признаки неисправности	Причины неисправности	Способы отыскания и устранения неисправности
29. Не опрощается какой-либо из четных триггеров (Л1-19, Л1-21 или Л1-23) триггерной схемы	Импульс с выхода правой половинки (Д1-24, Д1-25 или Д2-26) соответствует выходу ячейки схемы сдвига не поступает на вход этого триггера. Не работает триггер	Проверить наличие импульса «Гирс» в соответствующем гнезде пятигнездной измерительной колодки (ПЗ) на лицевой панели блока управления. Если импульс отсутствует, проверить целостность монтажа и детали данной половинки ячейки, заменить лампу
30. Не поджигается одна из неоновых ламп (Н1-8, Н1-9) в блоке управления. Комбинации в блок памяти проходят нормально	Неисправна неоновая лампа	Проверить монтаж, лампу заменить
31. Не поджигается одна из неоновых ламп (Н1-1, Н1-2) «Выход импульса заполнения» в блоке управления. Ложный сигнал проходит в блок памяти нормально	Неисправна неоновая лампа	Проверить монтаж, лампу заменить
32. Не работает схема заполнения. Не поджигается сигнал «Ложный» в блоке памяти	Неисправна одна из ламп Л1-12, Л1-13, Л1-14 или Л1-15	Проверить монтаж, детали и произвести поочередно замену ламп
33. При включении тумблера «Амод» в блоке памяти поджигается одна из ячеек	Неисправен тиратрон данной ячейки	Проверить монтаж, заменить тиратрон

34. Не работает какая-либо ячейка схемы памяти
- а) Импульс с выхода дешифратора не поступает на вход ячейки
б) Не поджигается тиратрон
35. Не работает схема памяти
- а) Нет анодного напряжения на тиратронах
б) Не работает разряд десятков
36. Не работает разряд десятков
- а) Нет анодного напряжения на тиратронах $J3-4 \div J3-14$
б) Обрыв общей цепи катодов тиратронов
в) Большое отрицательное напряжение на сетках тиратронов
37. Не работает разряд единиц
- а) Нет анодного напряжения на тиратронах $J3-20 \div J3-30$
б) Обрыв общей цепи катодов тиратронов
в) Большое отрицательное напряжение на сетках тиратронов
38. В блоке памяти поджигаются «ложные» ячейки. Триггерная схема выдает нормальные комбинации
- Отсутствует импульс оповещения
39. Не происходит гашения (сброса) тиратронов схемы памяти после раздельного сигнала. После срабатывания какого-либо тиратрона разряда единиц все тиратроны гаснут
- а) Синхронимпульс в катод $J3-1$ не запускает кинп-реле $J3-15$
б) Отсутствует синхронимпульс в катод $J3-1$
- а) Проверить исправность разъемов
б) Проверить целостность монтажа, детали, заменить тиратрон
- а) Проверить исправность разъемов. Прочистить контакты реле $R3-2$. Проверить целостность монтажа и детали $R3-6, C3-2$
б) См. п. 36
- а) Проверить целостность монтажа и сопротивления $R3-63$
б) Проверить целостность монтажа и сопротивления $R3-22$
в) Проверить целостность монтажа и сопротивления $R3-21$ и $R3-132$
- а) Проверить целостность монтажа и сопротивления $R3-131$
б) Проверить целостность монтажа и сопротивления $R3-90$
в) Сменить лампу $J3-3$. Проверить целостность монтажа и деталей
- Проверить целостность разъемов, монтажа, детали. Заменить лампу $J3-17$
- а) Проверить целостность монтажа и детали $C3-3, R3-54, J3-2$
б) См. пп. 34, 35

Признаки неисправности	Причины неисправности	Способы отыскания и устранения неисправности
40. Не происходит гашения (сброса) тиратронов схемы памяти	а) Неправильно работает кип-реле <i>Л3-15</i> б) Неисправно реле <i>Р3-2</i> в) Пробит конденсатор <i>С3-2</i>	а) Сменить лампу <i>Л3-15</i>. Проверить целостность монтажа и деталей б) Визуально проверить наличие замыкания контактов. В случае отсутствия замыкания (как временная мера) подрегулировать контакты (разжать) в) Проверить авометром. При обнаружении пробоя заменить
41. Не срабатывает реле <i>Р3-1</i> , нет взвода цветов в исправном полуавтоматическом регистраторе. После раздельного сигнала тиратрон <i>Л1-16</i> поджигается	а) Неисправно реле <i>Р3-1</i>	а) Подключением омметра к точкам <i>С2-1</i> и <i>В2-8</i> колодки разъема проверить наличие замыкания контактов. В случае отсутствия контакта заменить реле б) Заменить лампу <i>Л3-1</i>. Проверить целостность монтажа и деталей. Проверить исправность разъема
42. То же, что в п. 41, но тиратрон <i>Л1-16</i> после раздельного сигнала не поджигается	Кип-реле <i>Л1-11</i> не вырабатывает синхронимпульс	Проверить целостность монтажа и деталей. Поочередно сменить <i>Л1-11</i> и <i>Л1-1</i>
43. Не срабатывает реле <i>Р3-18</i> : нет печати в исправном полуавтоматическом регистраторе. Гашение (сброс) тиратронов схемы памяти происходит нормально	а) Неисправно реле <i>Р3-18</i>	а) Подключением омметра к точкам 6, 7 колодки разъема <i>В2</i> проверить наличие замыкания контактов. В случае отсутствия замыкания прочистить контакты и при необходимости (как временная мера) поджать их

б) Заменить лампу ЛЗ-16. Проверить целостность монтажа и деталей

б) Нет импульсы в катоды ЛЗ-16

44. Какая-либо комбинация, зафиксированная схемой памяти, не регистрируется полуавтоматом. При ручном вводе той же комбинации в ПР-4М регистрация происходит

а) Неисправность в разъеме

а) Устранить неисправность

б) Неисправность реле тиратронной ячейки

б) Поочередно проверить каждое реле в комбинации с другими. Неработающее реле заменить

45. Не поджигается одна из неоновых ламп НЗ-2+НЗ-28. Очередность прохождения десятков и единиц не нарушается

Неисправна неоновая лампа

Проверить монтаж и заменить лампу

46. Считывающий импульс проходит одновременно в разряды десятков и единиц

а) Малое смещение на управляющих сетках тиратронов разряда единиц блока памяти

а) Проверить величину напряжения на сетках тиратронов и в случае необходимости отрегулировать величину соотношения R3-31

б) Велики считывающие импульсы

б) Установить нужную величину считывающего импульса с помощью потенциометра R1-31

Примечание. После замены одной из ламп (Л1-1, Л1-2, Л1-3, Л1-4, Л1-10 или Л1-11) необходимо проверить работу дешифратора ПР-19 по сигналам внутреннего имитатора сигналов. Проверку производят как на вышем (8,5 об/мин), так и на вышем (3,5 об/мин) пределах. Если при этом окажется, что на одном из пределов правильность работы дешифратора нарушается, нужно снова заменить лампу и еще раз проверить правильность работы ПР-19. Если замена ламп не помогает, произвести настройку селекции тире, разделительного сигнала и паузы в соответствии с п. 3 раздела «Регламентные работы» Инструкции по эксплуатации.

осмотры, своевременно выполнять регламентные работы, удалять пыль и устранять замеченные дефекты. Перечень регламентных работ и их содержание изложены в описании и инструкции по эксплуатации.

Удалять пыль рекомендуется продуванием или протиранием чистой тряпкой. Прибор должен находиться в сухом и теплом помещении.

Для ремонтных работ к комплекту дешифратора прилагаются два ремонтных кабеля: ремонтный кабель «Р-1» используют для соединения блока питания с блоком управления, ремонтный кабель «Р-2» для соединения блока управления с блоком памяти.

При ремонте автоматического регистратора ПР-16 необходимо строго соблюдать правила техники безопасности, как как в электрических цепях имеются опасные для жизни напряжения.

Для быстрого обнаружения и устранения неисправностей необходимо хорошо знать принципиальные и монтажные схемы приборов, входящих в комплект ПР-16, систему питания и систему сопряжения.

Детальную проверку блоков и узлов производят сличением замеренных данных с данными, указанными в картах напряжений и сопротивлений.

Основные неисправности регистрирующего устройства ПР-16 и способы их устранения приведены в табл. 3.3.1.

Глава 3.4.

РАДИОЛОКАЦИОННАЯ
МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКАЯ СТАНЦИЯ
«МЕТЕОРИТ»

3.4.1. Основные сведения

Радиолокационные метеорологические станции «Метеорит» («Метеор») предназначены для метеорологического зондирования атмосферы. Они изготавливаются в двух вариантах: подвижном («Метеор») и стационарном («Метеорит»).

Станции «Метеор» и «Метеорит» работают в двух режимах: «Радиозонд» и «Уголковый отражатель». При работе с радиозондом станция определяет и регистрирует время полета, текущие координаты (угол места, азимут и наклонную дальность) и метеорологические данные. При работе с радиопилотом (пассивным уголковым отражателем) станция определяет и регистрирует время полета и текущие координаты. По времени полета и текущим координатам могут быть определены скорость и направление ветра в любом слое до высоты подъема радиозонда (радиопилота). Радиолокационная станция «Метеорит» (рис. 3.4.1), наиболее распространенная на аэрологической сети СССР, имеет следующие технические характеристики:

1) диапазон частот	1770—1795 МГц ($\lambda = 17$ см)
2) частота повторения зондирующих импульсов	833 Гц
3) мощность передатчика в импульсе	200 кВт
4) длительность импульса	0,8 мкс
5) чувствительность приемной системы	$6,5 \cdot 10^{-13}$ Вт
6) ширина диаграммы направленности	$6,5 \pm 1^\circ$
7) диаметр параболоида антенны	1,83 м
8) дальность автоматического сопровождения радиозонда с регистрацией данных	150 км
9) пределы вращения антенны:	
по азимуту	не ограничены
по углу места	от -3 до $+90^\circ$
10) срединные ошибки определения угловых координат в режиме автоматического сопровождения	$7,2'$ ($0,02$ ду)
11) средние ошибки определения дальности в режиме автосопровождения	40 м

- 12) точность регистрации данных:
- | | |
|------------------------------------|----------------|
| по угловым координатам | 3,6' (0-01 ду) |
| по дальности | 10 м |
| по частоте сигнала радио-
зонда | ± 1 Гц |

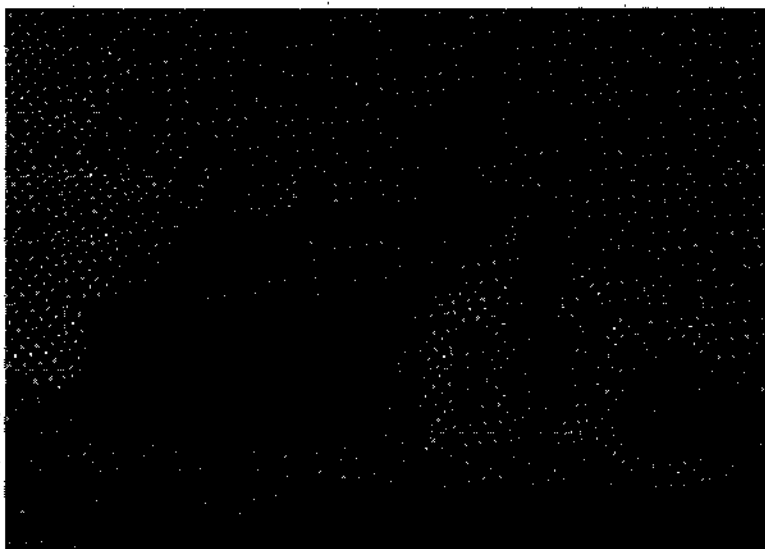


Рис. 3.4.1. Радиолокационная станция «Метеорит».

- 13) питание станции — от промышленной трехфазной сети через сетевой преобразователь частоты или от дизельной станции питания:
- | | |
|-----------------------|-----------|
| напряжение сети | 220/380 В |
| рабочая частота сети | 400 Гц |
| потребляемая мощность | 13,5 кВт |

3.4.2. Состав станции

В комплект станции «Метеорит» входит:

- 1) основная аппаратура,
- 2) контрольно-измерительная аппаратура,
- 3) техническая эксплуатационная документация,
- 4) станция питания типа ЭСД-20-ВЛ/230/Ч/400,
- 5) сетевой агрегат питания типа 218С,
- 6) комплект ЗИП.

В состав основной аппаратуры станции входят следующие системы, блоки и приборы (рис. 3.4.2).

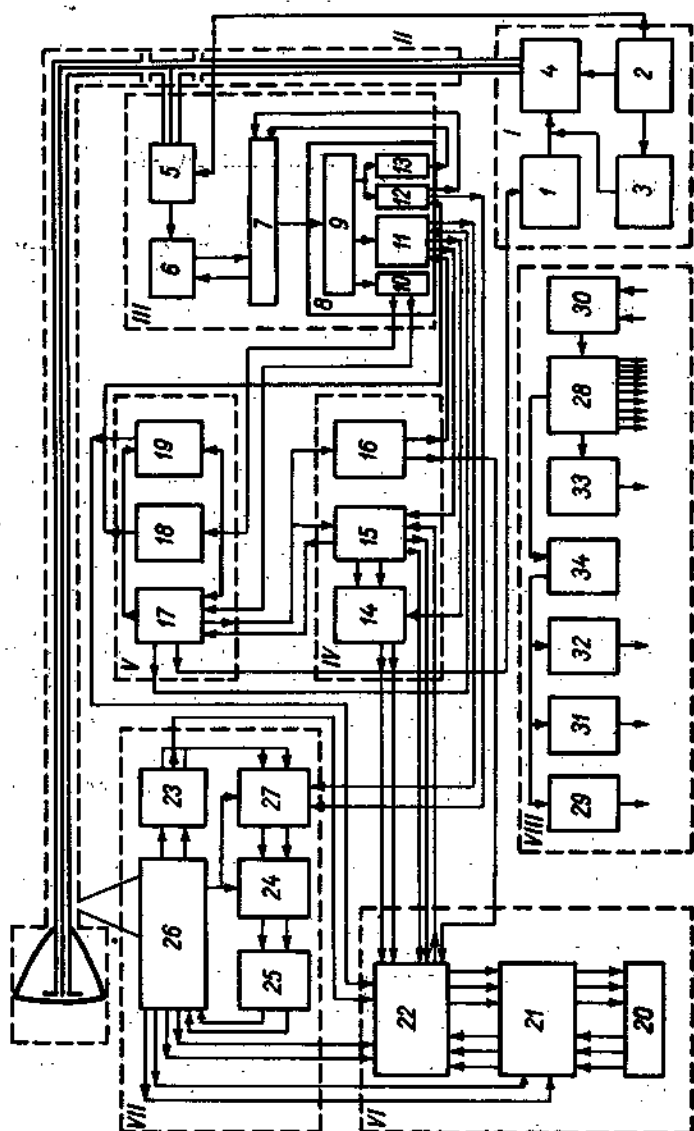


Рис. 3.4.2. Блок-схема радиолокационной станции «Метеорит».

Передающая система МТ-10 (I): МТ-11 — блок передатчика (4), МТ-12 — блок подмодулятора (I), МТ-18 — блок выпрямителя модулятора (2), И-13 — блок высоковольтного выпрямителя (3).

Антенно-фидерная система МТ-20 (II): МТ-22 — узел азимутального вращающегося соединения, МТ-23 — узел угломестного вращающегося соединения, МТ-26 — облучатель, МТ-27 — соединительные фидеры.

Приемная система МТ-30 (III): МТ-21-1 — разрядная камера (5), МТ-21-2 — смеситель (6), МТ-31 — блок входных устройств (7), МТ-32 — блок главного усилителя (8).

Система счета импульсов метеоданных МТМ-40 (IV): МТ-42 — блок электронного счетчика импульсов (14), МТ-43 — блок эталонных импульсов (15), МТ-44 — блок электронного индикатора счета импульсов (16).

Система измерения дальности МТ-50 (V): МТ-51 — блок дальности (17), МТ-52 — блок автоматического сопровождения по дальности (18), МТ-53 — блок управления по дальности (19).

Система передачи и регистрации данных МТ-60 (VI): МТ-61 — блок сервоусилителей передачи данных (20), МТ-62 — блок регистратора (22), МТ-63 — блок магнитных усилителей (21).

Система управления антенной МТ-70 (VII): МТ-71 — блок управления антенной (23), МТ-72 — блок сопровождения по азимуту и углу места (24), Г-28М — блок выходных магнитных усилителей (25), МТ-74 — антенная колонка (26), МТ-75 — блок автоматического сопровождения по угловым координатам (27).

Система электропитания станции МТ-80 (VIII), МТ-81 — шкаф управления питанием (28), МТ-82 — блок выпрямителей опорных напряжений (29), МТ-83 — наружный щиток (30), МТ-84, МТ-85 — блоки питания (31, 32), МТ-04 — панель управления питанием главного пульта (34).

Контрольно-измерительная аппаратура: импульсный осциллограф С1-5, контрольный резонатор МТ-92, ампервольтметр АВО-5, мегомметр М-1101.

Рассмотрим подробнее каждую систему.

3.4.3. Передающая система МТ-10

Передающая система характеризуется следующими основными данными:

- частота генерируемых колебаний 1770—1795 МГц;
- длительность импульсов высокочастотных колебаний 0,8 кмс;
- частота следования импульсов запуска 833 Гц (на время счета импульсов, характеризующих метеоданные радиозонда, импульсы запуска не подаются);

- ширина спектра генерируемых колебаний не более 4 МГц;
- мощность в импульсе 200 кВт.

Передающая система состоит из подмодулятора, модулятора, магнетронного генератора, высоковольтного выпрямителя и выпрямителя модулятора (рис. 3.4.3).

Подмодулятор (МТ-12) предназначен для преобразования поступающих с блока дальности (МТ-51) импульсов запуска в мощные импульсы положительной полярности, необходимые

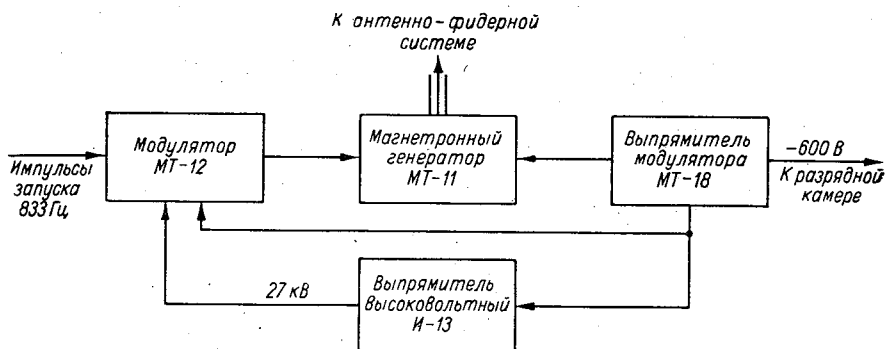


Рис. 3.4.3. Блок-схема передающей системы.

для управления модуляторной лампой. Подмодулятор включает в себя усилитель импульсов запуска с блокинг-генератором и усилитель мощности, собранный на двух двойных лучевых тетрадах ГИ-30. Усилитель пусковых импульсов предназначен для усиления импульсов запуска до амплитуды 120 В. Связь между усилителем пусковых импульсов и блокинг-генератором осуществляется путем непосредственного соединения анодов лампы ГИ-30, общей нагрузкой которых является анодная обмотка импульсного трансформатора. С выхода трансформатора импульсы длительностью 0,8 мкс и с амплитудой 370 В подаются на усилитель мощности. Усилитель мощности, собранный на лампе ГИ-30 и нагруженный импульсным трансформатором, вырабатывает импульс напряжения положительной полярности с амплитудой 900—1000 В, необходимый для запуска модулятора.

Модулятор является мощным электронным выключателем, периодически включающим цепь анодного питания магнетрона. На анод модулятора через зарядные сопротивления подается напряжение 27 кВ. При отсутствии импульсов с подмодулятора модуляторная лампа заперта поданным на управляющую сетку отрицательным напряжением 600 В, при этом накопительные конденсаторы, включенные в анодную цепь, заряжаются до на-

напряжения 27 кВ. При подаче положительного импульса напряжения на сетку модулятора лампа отпирается и накопительные конденсаторы начинают разряжаться через лампу модулятора и магнетрон. Так как внутреннее сопротивление модуляторной лампы меньше внутреннего сопротивления магнетрона, то почти все напряжение приложено к катоду магнетрона. Под действием этого напряжения магнетрон генерирует высокочастотные колебания, поступающие в антенно-фидерную систему.

Магнетронный генератор служит для создания мощных импульсов высокочастотных колебаний. Магнетронный генератор состоит из магнетрона МИ-137 и постоянных магнитов, обеспечивающих напряженность магнитного поля 1500 Э.

Источниками питания передающей системы являются:
— выпрямитель модулятора (МТ-18), предназначенный для создания напряжений постоянного тока +200, +1400, —600 В, управления передающей системой и контроля ее работы;

— высоковольтный выпрямитель (И-13), собранный по схеме удвоения напряжения на двух кенотронах типа В1-0,1/40 и предназначенный для питания модулятора.

Кроме перечисленных основных блоков передающей системы, в ней предусмотрена схема блокировки и сигнализации.

3.4.4. Антенно-фидерная система МТ-20

Антенно-фидерная система (АФС) станции предназначена для передачи электромагнитной энергии, генерируемой передатчиком, к антенне, излучения ее в пространство узким направ-

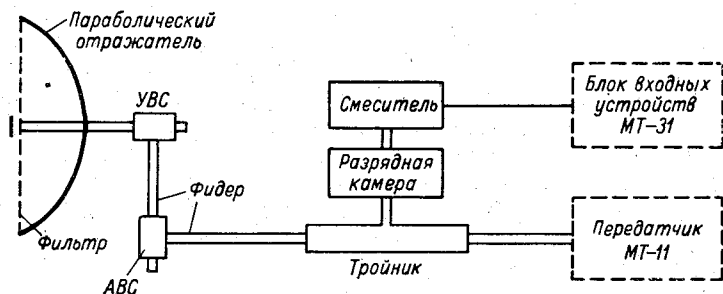


Рис. 3.4.4 Блок-схема антенно-фидерной системы.

УВС — угломестное вращающееся соединение, АВС — азимутальное вращающееся соединение.

ленным лучом, а также для приема отраженных сигналов от объектов в режиме «Угловой отражатель» и активных сиг-

налов радиозонда в режиме «Радиозонд» и передачи этих сигналов на вход приемной системы (рис. 3.4.4).

Антенно-фидерная система обеспечивает:

- канализацию электромагнитной энергии при передаче и приеме в диапазоне рабочих волн станции 1770—1795 МГц;

- передачу импульсной энергии СВЧ от магнетрона при КБВ не ниже 0,6;

- формирование диаграммы направленности шириной $6,5 \pm 1^\circ$ по уровню мощности 0,5 от максимальной.

Высокочастотная энергия, генерируемая магнетроном, через тройник, соединительные фидеры, вращающиеся соединения подается в антенную головку. Во время генерации мощного импульса магнетрона происходит пробой между конусами разрядника антенного переключателя. При этом накоротко замыкается вход приемника, чем обеспечивается защита приемника от мощных импульсов магнетрона. Излучаемая антенной головкой высокочастотная энергия попадает на параболический отражатель и формируется им в узкий направленный луч.

Отраженная от уголкового отражателя или излучаемая передатчиком радиозонда энергия попадает на параболический отражатель, фокусируется им и концентрируется в антенной головке. Через фидеры, вращающиеся соединения высокочастотная энергия попадает в тройник и далее через разрядную камеру на вход приемной системы. Мощность энергии принимаемого сигнала незначительная, при этом разрядник разомкнут, и сигнал поступает через смеситель на вход приемника.

Основными элементами антенно-фидерной системы являются высокочастотные коаксиальные фидеры, азимутальное (АВС) и угломестное (УВС) вращающиеся соединения и антенна.

Каждый узел фидера изготовлен из двух латунных трубок, помещенных одна внутри другой. Внутренняя трубка (проводник фидера) закреплена и отцентрирована в наружной трубке при помощи четвертьволновых короткозамкнутых отрезков коаксиальной линии или с помощью изоляторов, представляющих четвертьволновые коаксиальные отрезки, замкнутые на конце.

Вращающиеся соединения состоят из двух основных частей: подвижной и неподвижной.

Антенна состоит из параболического отражателя с фильтром и антенной головки. Параболический отражатель представляет собой жесткую металлическую конструкцию, отражающая поверхность которой выполнена в виде параболоида вращения. Диаметр параболоида 1830 мм, его фокусное расстояние 549 мм. Антенная головка состоит из корпуса, вала, секции фидера с полуволновым симметричным вибратором, полистиролового колпака с контррефлектором. Электромагнитная энергия

излучается вибратором как в сторону параболического отражателя, так и в сторону контррефлектора, от которого она отражается в сторону параболического отражателя.

Контррефлектор представляет собой коротко замкнутый отрезок круглого волновода, на боковой стенке которого прорезаны четыре щели. Наличие этих щелей приводит к тому, что максимум потока энергии, отраженной от контррефлектора, смещен относительно вершины параболического отражателя, что позволяет формировать излучаемую антенной энергию в виде узкого луча, ось которого наклонена относительно геометрической оси параболоида на угол, равный примерно 2° . При вращении контррефлектора луч описывает в пространстве коническую поверхность, а так как вибратор неподвижен, сохраняется постоянство ориентации электрической составляющей поля в вертикальной плоскости; угол сканирования при этом равен $4-4,2^\circ$, что достаточно для обеспечения равносигнальной зоны, необходимой для пеленгации радиозонда и других объектов. Диаграмма направленности антенны имеет основной лепесток шириной $6,5 \pm 1^\circ$ по мощности и несколько боковых лепестков. Уровень боковых лепестков составляет не более $3-4\%$ уровня основного лепестка.

3.4.5. Приемная система МТ-30

Приемная система предназначена для преобразования принятых сигналов радиозонда в режиме «Радиозонд» (РЗ) и отраженных сигналов в режиме «Угловой отражатель» (УО) и последующего усиления их до значения, необходимого для нормальной работы системы дальности, системы управления антенной и системы счета (рис. 3.4.5).

Основные технические характеристики приемной системы:

- чувствительность не хуже $6,5 \cdot 10^{-13}$ Вт;
- ширина полосы пропускания УПЧ $2,4-3,0$ МГц;
- коэффициент усиления УПЧ 60 000 (как по каналу дальности, так и по каналу автоматики).

В режиме «Радиозонд» излучаемые радиозондом сигналы, принятые антенной, через фидерный тракт и разрядную камеру (узел МТ-21-1) поступают на смеситель (узел МТ-21-2), куда одновременно через разъем $\Phi 4$ поступают от гетеродина (Л8) непрерывные высокочастотные колебания, частота которых на 30 МГц выше частоты принимаемого сигнала. С выхода смесителя сигнал, по форме не отличающийся от принятого антенной сигнала, с частотой заполнения 30 МГц через разъем $\Phi 1$ поступает на предварительный усилитель промежуточной частоты (ПУПЧ) блока МТ-31, собранный на лампах типа 6Ж5П и лампе 6С2П. Третий, четвертый и пятый каскады ПУПЧ

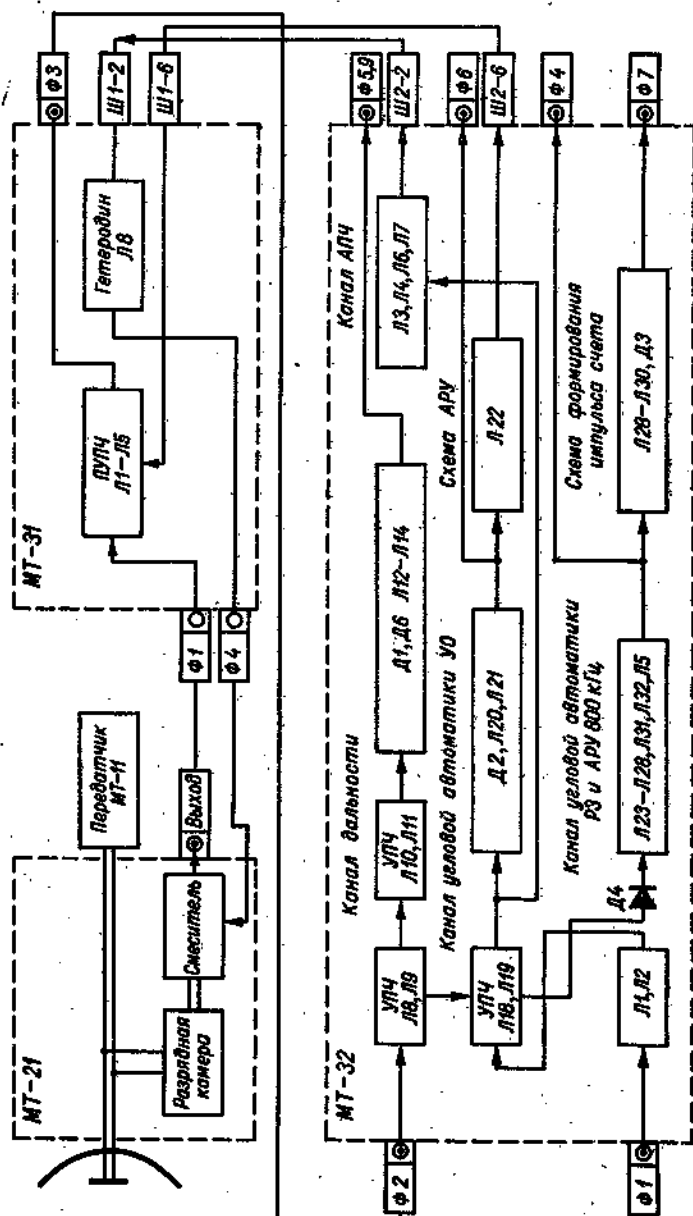


Рис. 3.4.5. Функциональная схема приемной системы.

охвачены регулировкой усиления. С выхода ПУПЧ усиленный каскадами Л1—Л5 сигнал через Ф3 по высокочастотному кабелю типа РК-1 поступает в главный усилитель МТ-32.

Главный усилитель предназначен для усиления и преобразования по форме сигналов промежуточной частоты, необходимых для использования в системах дальности (блоки МТ-51 и МТ-52), угловой автоматики (блок МТ-75) и счета (блоки МТ-42, МТ-43, МТ-44). В главном усилителе сигнал промежуточной частоты усиливается двумя каскадами (лампы Л8, Л9) и одновременно поступает в канал дальности и канал угловой автоматики уголкового отражателя, а затем на схему автоматической регулировки усиления (АРУ). Сигнал, усиленный каскадом Л9, поступает на каскады УПЧ канала дальности (лампы Л10, Л11). С выхода УПЧ канала дальности сигнал поступает на детектор Л1, где выделяется видеосигнал, который через усилитель Л12, катодные повторители Л13, Л14, ограничитель Д6 и разъемы Ф5, Ф9 поступает в блок дальности МТ-51 и блок автосопровождения по дальности МТ-52.

С выхода каскада Л9 сигнал промежуточной частоты поступает на каскад Л18, который в режиме «Радиозонд» нормально открыт и бланкируется по экранирующей сетке импульсом отрицательной полярности с амплитудой 130 В и длительностью 30—130 мкс, вырабатываемым схемой бланкирующего импульса, собранной на лампах Л1 и Л2. Бланкирующий импульс предназначен для запираания канала угловой автоматики радиозонда и уголкового отражателя на время действия зондирующего импульса передатчика и мощных отраженных сигналов от ближайших местных предметов. Бланкирующий импульс опережает импульс запуска передатчика на 20—50 мкс.

С выхода каскада Л19 сигнал промежуточной частоты поступает в канал угловой автоматики уголкового отражателя и канал угловой автоматики радиозонда. Канал угловой автоматики уголкового отражателя предназначен для усиления сигнала промежуточной частоты, передачи его в канал автоматической подстройки частоты (АПЧ), а также, после соответствующего преобразования, для выделения напряжения АРУ и передачи его в ПУПЧ.

Усиленный лампой Л19 сигнал промежуточной частоты поступает на усилитель-ограничитель Л3 канала АПЧ, затем на частотный дискриминатор Л4, далее на усилитель постоянного тока Л6, Л7 и через коммутационную схему, разъем Ш2-2 на отражатель клистронного гетеродина ПУПЧ (лампа Л8).

Сигнал 800 кГц с выхода видеоусилителя Л21, промодулированный сигналом ошибки, через фильтр поступает в схему АРУ, состоящую из детектора и катодного повторителя, собранных на лампе Л22. На катод детектора АРУ подается напря-

жение задержки 40—50 В, называемое задержкой АРУ. Напряжение АРУ, обратнопропорциональное по величине полезному сигналу на входе приемного устройства, через разъем Ш2-6 подается на регулируемые каскады ПУПЧ Л3, Л4, Л5 блока МТ-31.

Канал угловой автоматики радиозонда предназначен:

- для выделения из преобразованного сигнала радиозонда сигнала 800 кГц, усиления и поддержания постоянной амплитуды его на выходе и передачи этого сигнала в систему угловой автоматики (блок МТ-75);

- для формирования перепада напряжения АРУ 800 кГц, которое используется в приемной системе (блок МТ-32) и системе счета (блок МТ-43);

- для формирования импульсов счета, используемых в системе счета (блок МТ-42).

С выхода усилителя Л18 сигнал через детектор Д4, усилитель 800 кГц (лампы Л23, Л24), катодный повторитель Л25 и разъем Ф4 поступает в систему угловой автоматики (блок МТ-75), а также на каскад Л26 усилителя 800 кГц. С усилителя 800 кГц (Л26) сигнал одновременно поступает на схему АРУ 800 кГц и схему формирования импульсов счета.

Схема АРУ 800 кГц состоит из детектора Л27а, катодного повторителя Л27б, фиксирующего диода и схемы задержки АРУ Л28а. Напряжение АРУ 800 кГц поступает на управляющие сетки ламп Л23 и Л24 усилителя 800 кГц. Одновременно напряжение сигнала с детектора Л27а поступает на усилитель постоянного тока Л31, управляющий триггером Л32, который срабатывает при определенном соотношении мощностей сигнала и шума. Сформированное триггером напряжение перепада через катодный повторитель Л5а поступает в систему счета, блок МТ-43 (на схеме рис. 3.4.7 не показано), через ограничитель Л5а — на селектор Л29.

С усилителя 800 кГц (Л26) преобразованный сигнал, содержащий паузы в излучении радиозонда, поступает на детектор импульсов счета Л28б, где выделяется видеоимпульс положительной полярности, который поступает на селектор Л29. При нормальных сигналах, когда уровень шумов ниже сигнала не менее чем в два раза по мощности, селектор работает как обычный усилитель, при замирании сигнала селектор Л29 запирается напряжением перепада, поступающим с лампы Л5а. С селектора Л29 видеоимпульс через детектор Д3 передним фронтом запускает мультивибратор счета Л30 паузы радиозонда. Мультивибратор счета преобразует считаемые импульсы в импульсы положительной полярности длительностью 100 мкс, которые через разъем Ф7 передаются в систему счета (блок МТ-42).

3.4.6. Система счета МТ-40

Система счета предназначена для подсчета числа импульсов радиозонда, несущих метеорологическую информацию, и синхронизации работы системы передачи и регистрации данных.

Система счета может работать в режиме постоянного времени счета, когда подсчитывается количество импульсов радиозонда за 1 с (абсолютный счет), и в режиме переменного времени счета, когда время счета может быть изменено в пределах 1,04—1,128 с (относительный счет). Система счета может работать и в тех случаях, когда наблюдаются замирания сигналов радиозонда, при этом количество импульсов, подсчитанное до замирания, запоминается счетчиком; запоминается также время, в течение которого происходил подсчет импульсов. После прекращения замирания сигналов счет продолжается до тех пор, пока суммарное время счета не станет равным установленному. Управление счетчиком и блоком эталонных импульсов в этом случае осуществляется с помощью порогового устройства приемника (блока МТ-32).

Функциональная схема системы счета приведена на рис. 3.4.6. Система включает схему формирования импульса счета, схему формирования импульсов печати, сброса и блокирующего импульса (блок МТ-43), электронный счетчик импульсов (блок МТ-42), схему деления для получения частоты 25 Гц и схему индикации счета (блок МТ-44).

Схема формирования импульсов счета расположена в блоке МТ-43 и состоит из мультивибратора, селекторов, делителя 1:125, двух делителей 1:10, делителя 1:2, схемы санатрона и генератора импульса счета.

Из блока МТ-51 (системы дальности) через высокочастотный разъем $\Phi 3$ на мультивибратор, собранный на лампе Л50 (6Н1П) по схеме ждущего мультивибратора с катодной связью, подаются стабилизированные по частоте импульсы с частотой 5000 Гц и длительностью 0,2 мкс. С выхода мультивибратора импульсы 5000 Гц, расширенные по длительности до 50 мкс, подаются на 1-й и 2-й селекторы, собранные на лампах Л51 (6Ж2П) и Л16 (6Н1П). Запуск схемы формирования импульса счета осуществляется через указанные параллельные селекторы. 1-й селектор запирается на время замирания сигнала радиозонда напряжением перепада АРУ, поступающим из блока МТ-32 через разъем $\Phi 4$. 2-й селектор запирается на время действия импульса счета (1с), который поступает с генератора импульса счета (Л47, Л48). В результате использования двух параллельных селекторов получается система, обеспечивающая остановку формирования импульса счета при совпадении моментов замирания со временем счета, а следовательно, и

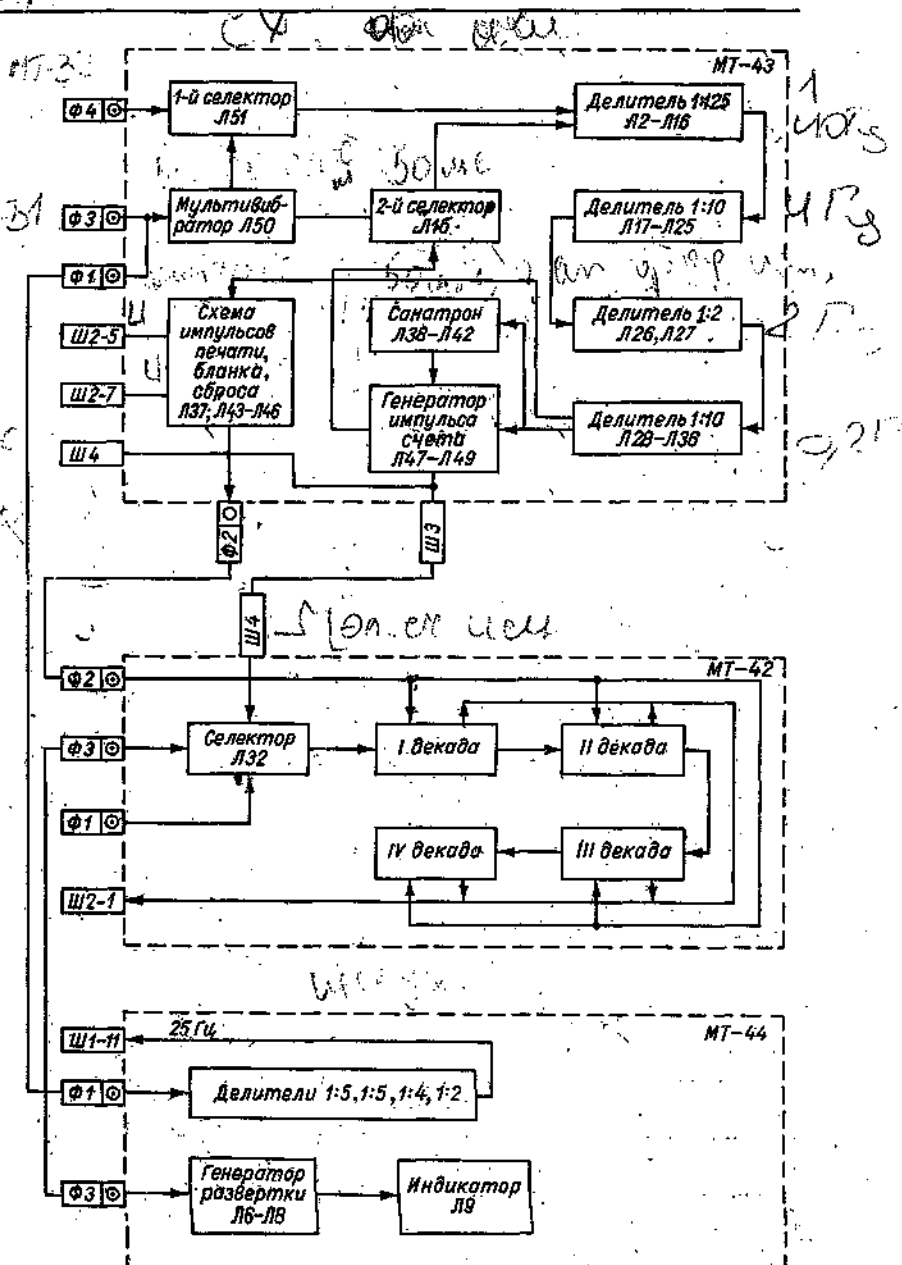


Рис. 3.4.6. Функциональная схема системы счета.

увеличение длительности импульса счета на время замирания сигналов радиозондов.

С выхода селекторов импульсы с частотой 5000 Гц подаются на запуск делителя 1:125. Схема делителя состоит из семи триггеров, собранных на лампах *Л3*, *Л5*, *Л7*, *Л9*, *Л11*, *Л13*, *Л15* (6НЗП) с коммутирующими диодами *Л2*, *Л4*, *Л6*, *Л8*, *Л10*, *Л12*, *Л14* (6Х2П), и диодов обратной связи, собранных на лампе *Л16* (6Х2П). С выхода делителя 1:125 импульсы с частотой 40 Гц ($5000 : 125 = 40$) подаются на вход делителя 1:10, собранного на лампах *Л17—Л25*. С выхода делителя 1:10 импульсы с частотой 4 Гц подаются на делитель 1:2, собранный на лампах *Л26*, *Л27*. С выхода делителя 1:2 импульсы с частотой 2 Гц подаются на делитель 1:10, собранный на лампах *Л28—Л36*. С выходной лампы последнего делителя снимаются импульсы с частотой 0,2 Гц и длительностью 1 с. Таким образом, делители частоты 1:125; 1:10; 1:2; 1:10 обеспечивают повторение циклов счета через 5 с.

Импульсы длительностью 1 с и с частотой повторения 0,2 Гц через коммутирующий диод *Л47* поступают на вход генератора импульсов счета, собранного по схеме триггера на лампе *Л48* (6НЗП), и запускают его передним фронтом импульса. Срыв триггера в режиме абсолютного счета производится задним фронтом секундного импульса, в режиме относительного счета срыв триггера происходит через схему задержки (санатрон), что обеспечивает удлинение импульса счета по времени 1,04—1,128 с. Схема санатрона собрана на лампах *Л38—Л42*.

В режиме абсолютного счета генератор импульсов счета вырабатывает импульсы счета длительностью 1 с. С катодного повторителя *Л49* импульс счета 1 с с амплитудой 100 В поступает через разъем *Ш3* на селектор электронного счетчика МТ-42 и через разъем *Ш4* — в блок МТ-51 для блокировки запуска передатчика на время счета.

С триггеров делителя 1:10, собранных на лампах *Л31* и *Л33*, прямоугольные импульсы поступают на 4-й селектор, собранный на лампе *Л37*. Параметры 4-го селектора подобраны так, что на его выходе формируются короткие отрицательные импульсы, задержанные относительно переднего фронта импульса счета на 4 с. Эти импульсы поступают на фантастрон, собранный на лампе *Л44*. На выходе фантастрона формируется импульс печати длительностью 0,3—0,5 с, задержанный относительно переднего фронта импульса счета на 4 с. Этот импульс через разъем *Ш2-7* поступает в блок МТ-62 для включения электромагнитов печати. Одновременно импульс печати поступает на мультивибратор сброса, собранный на лампе *Л43*, который вырабатывает импульс сброса отрицательной полярности длительностью 0,2—0,35 с, задержанный относительно перед-

него фронта импульса счета на 4,5*с. Импульс сброса через разъем $\Phi 2$ поступает в электронный счетчик МТ-42.

Задним фронтом импульса печати запускается триггерная схема, собранная на лампах Л45, Л46, которая вырабатывает бланкирующий импульс длительностью 1,75—1,95 с; возникает он на 0,5—0,7 с раньше импульса счета и прекращается через 0,25 с после окончания импульса счета. Бланкирующий импульс через разъем Ш2-5 подается в блок регистрации данных МТ-62 для блокировки цепи печати десятков и единиц метеоданных, во избежание отпечатывания ложных точек в моменты движения электромагнитов наборных дифференциально-речных механизмов.

Электронный счетчик импульсов МТ-42 состоит из селектора Л32, трех полных пересчетных декад и одной неполной декады. Выходными каскадами пересчетных декад служат тиратроны, в аноды которых включены обмотки электромагнитов наборных механизмов регистратора.

Электронная схема счетчика представляет собой последовательность делителей, уменьшающих число импульсов, действующих на входе счетчика, в определенное число раз. Счетчик состоит из 14 пересчетных триггерных ячеек (делителей), собранных в пересчетные декады: три декады с общим коэффициентом деления $K_1=1000$ и одна неполная декада (две триггерные ячейки) с коэффициентом деления $K_2=4$. Общий коэффициент деления составляет $K=K_1 \times K_2=4000$, а наибольшее число импульсов, которое может быть зафиксировано схемой, $T_0=K-1=3999$. Пересчетная декада имеет схему, аналогичную схеме делителя 1:10 блока МТ-43. Каждому числу считаемых импульсов, поданных на декаду, соответствует определенная комбинация устойчивых состояний триггеров, а следовательно, и определенная комбинация открытых и закрытых тиратронов. Наборный механизм печати метеоданных устроен так, что если открыт только первый тиратрон декады, набирается единица; если открыт только второй тиратрон, набирается цифра 2. При зажигании только третьего тиратрона набирается цифра 4, при зажигании только четвертого тиратрона набирается цифра 2. Если зажгутся второй и третий тиратроны, наборный механизм наберет цифру 6 (2+4). Аналогично набираются все цифры от 0 до 9 в каждой декаде, за исключением четвертой (разряда тысяч), где могут быть набраны только цифры 0, 1, 2 или 3.

На селектор, собранный на лампе Л32, через разъемы Ш4 и $\Phi 1$ поступают импульсы счета с блока МТ-43 и считаемые импульсы с блока МТ-32. Селектор открыт только на время прохождения импульса счета, следовательно, счетчик подсчитывает импульсы только за время счета.

С выхода селектора считаемые импульсы поступают на первую декаду (единиц), которая собрана на лампах Л15—Л19, Л33—Л36 и выходные каскады на тиратронах Л1—Л4. Вторая декада (десятков) собрана на лампах Л20—Л24, Л37—Л40 и выходные каскады Л5—Л8. Третья декада (сотен) собрана на лампах Л25—Л29, Л41—Л44 и выходные каскады Л9—Л12. Четвертая (неполная) декада (тысяч) собрана на лампах Л30, Л31, Л45, Л46, выходными каскадами ее являются тиратроны Л13, Л14. Деление считаемых импульсов с переходом с одной декады на другую зависит от количества приходящих импульсов радиозонда за одну секунду. Для возвращения схемы в исходное положение после одного цикла счета через разъем Ф2 подается импульс сброса, при этом срабатывает реле Р1 и от правых половин ламп триггеров отключается напряжение —150 В.

Через разъемы Ш2 и Ш1 соединяются анодные цепи выходных тиратронов пересчетных ячеек декад с обмотками электромагнитов наборных механизмов единиц, десятков, сотен, тысяч, а также схема измерительных сопротивлений декад с контрольными приборами, которые установлены в блоке МТ-62.

Электронный индикатор счета импульсов МТ-44 имеет схему деления частоты, которая вырабатывает напряжение 25 Гц, служащее для питания двигателя электрического счетчика времени в блоке МТ-62, и индикатор, позволяющий производить визуальный контроль за работой системы счеты и правильно выбрать уровень срабатывания порогового устройства, управляющего работой селекторов в блоках МТ-32 и МТ-43.

Через разъем Ф1 на схему делителей подаются импульсы положительной полярности с частотой 5000 Гц, длительностью 0,2 мкс, амплитудой 30 В. Для получения на выходе схемы импульсов с частотой 25 Гц применены три каскада деления на блокинг-генераторах, собранных на лампах Л1, Л2, Л3, с коэффициентами деления 1:5; 1:5; 1:4 и один делитель 1:2, собранный на лампах Л4 и Л5, представляющий собой триггер, с выхода которого прямоугольное напряжение с частотой 25 Гц через разъем Ш1-11 подается в блок МТ-62 на тиратронную схему питания двигателя СД-2.

С блока МТ-42 по высокочастотному кабелю через разъем Ф3 на коммутирующий диод Л6 поступают считаемые импульсы, которые запускают триггер, собранный на лампе Л7 (6Н1П). С триггера снимаются прямоугольные импульсы с частотой повторения вдвое меньше, чем частота считаемых импульсов, которые подаются на генератор развертки Л8 (6Ж5П), управляемый лучом электронно-лучевой трубки Л9 (8ЛО29). Одновременно считаемые импульсы с разъема Ф3 подаются на вертикально отклоняющие пластины трубки.

Изменение амплитуды развертки в зависимости от частоты повторения считаемых импульсов позволяет грубо оценивать частоту повторения импульсов радиозонда. Индикаторное устройство системы счета дает возможность постоянно контролировать четкость работы порогового устройства блока МТ-32.

В блоке МТ-44 расположен делитель напряжения $R43$, $R61$. С потенциометра $R61$ снимается напряжение питания экранирующей сетки усилителя 800 кГц блока МТ-32. Ручка потенциометра $R61$ выведена на переднюю панель под названием «Порог отсечки». Для контроля напряжения на передней панели блока МТ-44 установлен миллиамперметр типа М-4.

3.4.7. Система измерения дальности МТ-50

Система измерения дальности предназначена для:

- формирования импульсов запуска передатчика и развертки индикатора дальности;
- нахождения ответного сигнала радиозонда и наблюдения за ним;
- создания напряжения со стабилизированной частотой 5 кГц для синхронизации системы счета;
- формирования импульса ультразвукового строба и запуска генератора бланкирующего импульса;
- осуществления ручного и автоматического сопровождения радиозонда по дальности;
- непрерывной передачи текущих значений наклонной дальности сопровождаемого радиозонда на регистратор.

Для наблюдения за ответным сигналом радиозонда в системе используется электронный индикатор с амплитудной отметкой на трубке 8ЛО29. С целью обеспечения удобства поиска ответного сигнала радиозонда и возможности просмотра всего диапазона дальности в индикаторе предусмотрены два масштаба развертки: 30 км (грубая развертка) и 2 км (точная), причем задержка начала разверток может плавно изменяться, что дает возможность наблюдать сигнал от радиозонда, находящегося на любых дальностях от 0 до 150 км. Для удобства перехода с одного масштаба развертки на другой схема построена так, что обе развертки во времени жестко связаны между собой: 2-км развертка всегда находится в центре 30-км развертки в форме «пьедестала». В центре 2-км развертки располагаются электрические визиры, при этом ответный сигнал сопровождаемого радиозонда всегда находится в центре развертки.

Основным задающим генератором является высокостабильный кварцевый генератор с частотой синусоидальных колебаний $74,955 \text{ кГц} \pm 5 \text{ Гц}$, что соответствует периоду 13,3 мкс, равному времени прохождения сигнала до радиозонда, находящегося на расстоянии 2 км, и обратно.

Функциональная схема системы измерения дальности, состоящей из блока дальности МТ-51, блока автоматического сопровождения по дальности МТ-52 и блока управления по дальности МТ-53, приведена на рис. 3.4.7.

С выхода кварцевого генератора *Л1*, собранного на лампе 6Ж5П, синусоидальное напряжение 75 кГц, поступает через катодный повторитель на генератор пиков *Л2*, собранный на лампе 6Н1П. Остроконечные импульсы напряжения генератора пиков с частотой 75 кГц поступают на первый делитель частоты *Л3а*, с выхода которого снимаются импульсы с частотой 25 кГц. Это напряжение через катодный повторитель *Л3б* подается на второй делитель частоты *Л4а*, который понижает частоту до 5 кГц. Импульсы напряжения с частотой 5 кГц через высокочастотный разъем *Ф4* подаются в систему счета для ее синхронизации, а через катодный повторитель *Л9а* — на вход третьего делителя частоты *Л4б*, с выхода которого снимаются импульсы с частотой 833 Гц. Частота 833 Гц является частотой посылок импульсов станции. Все перечисленные делители представляют собой синхронизированные блокинг-генераторы, в анодную и катодную цепи которых включены обмотки трансформаторов.

С третьего делителя импульсы с частотой 833 Гц поступают на пусковой генератор *Л5*, собранный на лампе 6Н1П, который в нормальном положении открыт и работает как инвертор. На время счета с блока МТ-43 через разъем *Ш4* подается положительное напряжение на катод лампы, которое запирает лампу и прекращает формирование импульсов, запускающих передатчик. Импульсы с выхода пускового генератора поступают на запуск ждущего мультивибратора *Л6*, который выполняет функции генератора задержки, задерживая импульс по времени на 100 мкс. Мультивибратор вырабатывает импульсы длительностью 100 мкс и с амплитудой 60 В. Эти импульсы через разъем *Ф3* подаются для запуска генератора бланкирующего импульса в блоке МТ-32 и запуска ждущего мультивибратора *Л7* (на лампе 6Н1П), формирующего селекторный импульс длительностью 40 мкс.

Селектор запуска передатчика собран на лампе *Л8* (6А2П), на экранную сетку которой поступают импульсы с *Л7* с частотой 833 Гц, а на управляющую сетку импульсы с первого делителя с частотой 25 кГц. На выходе селектора импульс напряжения образуется только тогда, когда один из импульсов с частотой 25 кГц совпадет по времени с импульсом длительностью 40 мкс (6-км стробом), следующим с частотой 833 Гц. С селектора отрицательные импульсы с частотой 833 Гц поступают на блокинг-генератор *Л9б*, работающий в ждущем режиме. Импульсы запуска передатчика положительной полярности

700 мкс - 50 мкс
18,3 - 2 км
93 - 14 км

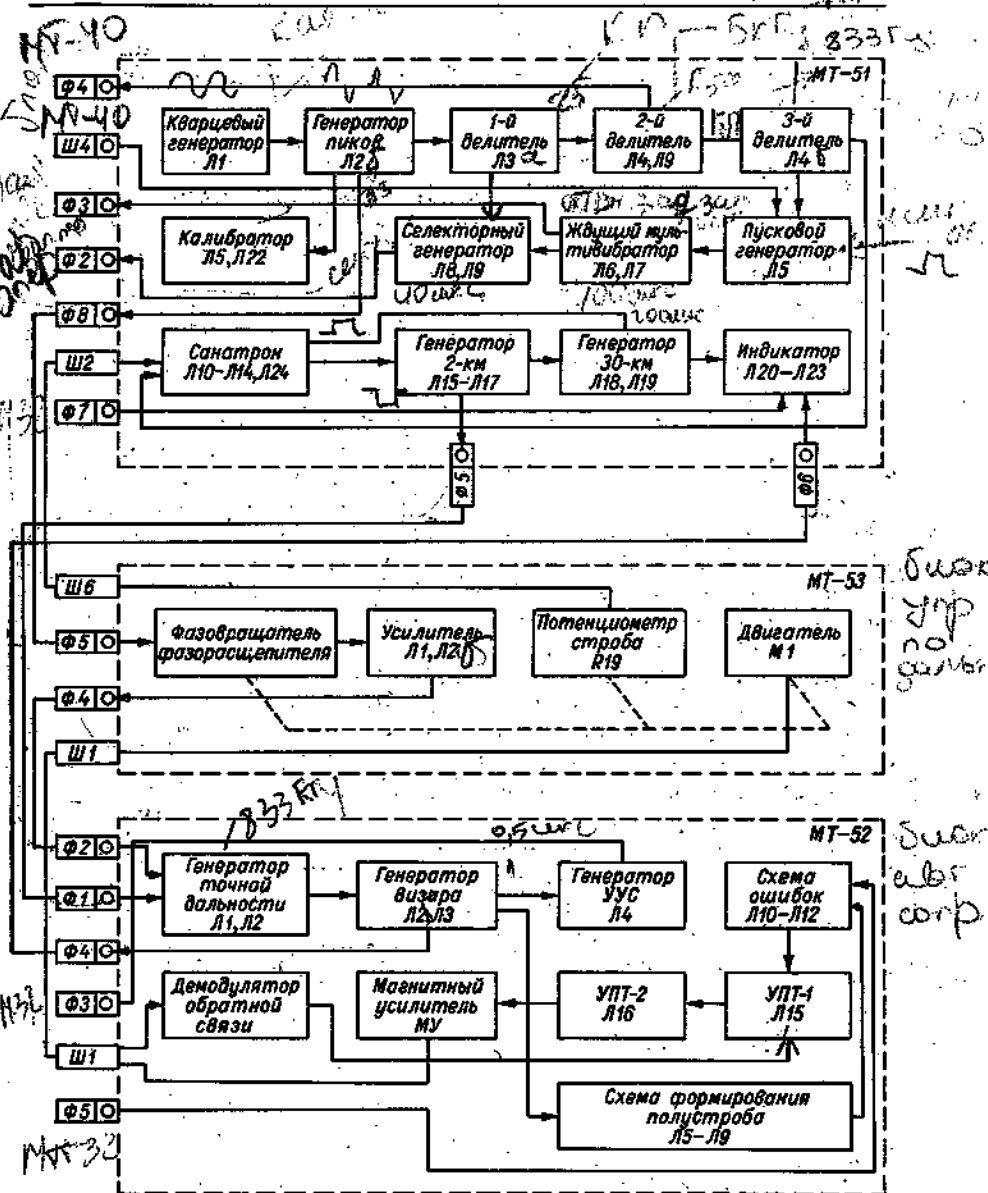


Рис. 3.4.7. Функциональная схема системы измерения дальности.

с амплитудой 65 В и длительностью 0,3 мкс подаются через высокочастотный разъем $\Phi 2$ на подмодулятор-передатчика (МТ-12).

Одновременно положительные импульсы с выхода третьего делителя с частотой 833 Гц через пусковую лампу Л106 подаются на схему санатрона. Санатрон предназначен для плавной и линейной задержки запуска разверток по отношению к импульсу запуска передатчика. Величина задержки санатрона зависит от величины управляющего напряжения, снимаемого с потенциометра строба R19 в блоке МТ-53 и подаваемого через разъем Ш2. Движок потенциометра кинематически связан со штурвалом и двигателем механизма дальности. С выхода санатрона Л10а задержанный по времени импульс положительной полярности с частотой 833 Гц поступает на фантастрон 14-км задержки Л15 и ждущий мультивибратор генератора 30-км строба. Ждущий мультивибратор Л18 вырабатывает строб-импульсы длительностью 200 мкс, что соответствует дальности 30 км. Этот 30-км строб через контакты реле поступает на генератор развертки Л19. С генератора развертки пилообразное напряжение подается на одну из горизонтально отклоняющих пластин трубки Л23 (8ЛО29) и через инвертор Л20 в противоположной полярности подается на другую горизонтально отклоняющую пластину трубки.

Фантастрон задержки Л15 вырабатывает импульс отрицательной полярности длительностью 93 мкс, что соответствует дальности 14 км. Задним фронтом 14-км импульса через лампу запуска Л16а запускается генератор 2-км строба Л71, вырабатывающий импульс длительностью 13,3 мкс, что соответствует дальности 2 км. Положительный 2-км импульс через буферный каскад Л16б и контакты реле подается на генератор развертки Л19, с генератора развертки через Л20 на трубку Л23 индикатора. Так как 2-км строб задержан на 14 км относительно начала 30-км развертки, то он находится посередине 30-км развертки.

С буферного каскада Л16б 2-км строб через высокочастотных разъем $\Phi 5$ подается в блок автоматического сопровождения по дальности (МТ-52) для формирования ультразвукового строба, электрического визира и импульсов-полустробов.

Через разъем $\Phi 7$ с блока МТ-32 на усилитель индикатора Л21 подается эхо-сигнал, здесь он усиливается и через контакты переключателя подается на одну из вертикально отклоняющих пластин трубки.

Для обеспечения точного измерения дальности напряжение с частотой 75 кГц с катодного повторителя Л2а блока МТ-51 через высокочастотный разъем $\Phi 8$ поступает в блок МТ-53, а затем через разъем $\Phi 3$ на фазорасщепляющий мост, который

вырабатывает четыре синусоидальных напряжения, сдвинутых относительно друг друга на 90° . Эти напряжения поступают на фазовращатель, ротор которого кинематически связан со штурвалом или двигателем механизма дальности. С выхода фазовращателя снимается напряжение, фаза которого при вращении ротора линейно изменяется. Напряжение, сдвинутое по фазе и усиленное двумя каскадами усилителя $L1$ и $L2a$ (6Ж1П и 6Н1П), поступает на генератор пиков $L26$. С генератора пиков напряжение в виде остроконечных импульсов 75 кГц через разъем $\Phi 4$, высокочастотный кабель, через разъем $\Phi 2$ поступает в блок МТ-52 на селектор импульса дальности $L1$ (6А2П). Сюда же из блока МТ-51 через разъем $\Phi 1$ поступает 2-км строб. При совпадении по времени 2-км строба и пика 75 кГц селектор вырабатывает импульс запуска блокинг-генератора $L2a$ (6Н1П). Блокинг-генератор вырабатывает импульсы дальности с частотой 833 Гц, задержка которых относительно импульса запуска передатчика плавно изменяется от 0 до 150 км. Импульсы дальности с различных точек линий задержки $L3-1$ и $L3-2$ поступают на пусковую лампу $L26$, на выходе которой образуются два импульса, сдвинутые относительно друг друга во времени. Эти импульсы запускают блокинг-генератор $L3$ (6Н1П), который вырабатывает два импульса положительной полярности длительностью 0,3 мкс, сдвинутые один относительно другого на 1,2 мкс. Эти импульсы через разъем $\Phi 4$ поступают на катод электронно-лучевой трубки блока МТ-51 и, запирая ее, образуют электрический визир 2-км развертки в виде разрывов развертки.

Одновременно импульс дальности через линии задержки $L3-1$ и $L3-2$ поступает на лампу блокинг-генератора ультразвукового строба $L4$ (6Н1П). Блокинг-генератор вырабатывает импульсы длительностью 0,5 мкс, которые через разъем $\Phi 3$ поступают в блок МТ-32.

С пяти различных звеньев линий задержки $L3-1$ и $L3-2$ импульс дальности поступает на контакты переключателя «сдвиг полустробов», который осуществляет сдвиг полустробов относительно импульсов визира на 1,0—1,6 мкс. С переключателя задержанный импульс дальности через буферный каскад $L5$ (6Н1П) поступает на линию задержки $L3-3$, которая определяет длительность первого полустроба. Импульсы, снимаемые с начала линии $L3-3$, поступают на пусковую лампу блокинг-генератора $L6$ (6Н1П) первого полустроба, с конца линии задержки $L3-3$ — на лампу срыва первого полустроба $L8a$. Задним фронтом отрицательного импульса первого полустроба через генератор ударного возбуждения $L76$ запускается блокинг-генератор $L86$. Затухающие колебания генератора ударного возбуждения через лампу $L7a$ срывают колебания

блокинг-генератора *Л86*, стабилизируя длительность второго полустроба. Полустробы длительностью 1,2 мкс после ограничения в каскадах *Л9* (6Х2П) подаются на управляющие сетки триодного дискриминатора *Л11* (6Н1П) схемы формирования сигнала ошибки.

На анод дискриминатора *Л11* через катодный повторитель *Л10б* и разъем *Ф5* с блока МТ-32 подается сигнал ответной паузы радиозонда. Сигнал ошибки, получающийся в результате сравнения временного положения сигнала и полустробов, усиливается балансным усилителем, собранным на лампах *Л12*, *Л10а*, который, кроме усиления, преобразует сигнал ошибки из однополярного в двухполярный. Знак напряжения сигнала ошибки зависит от того, с каким из полустробов совпадает сигнал.

В режиме автоматического сопровождения по дальности радиозонда напряжение сигнала ошибки, снимаемое с усилителя (*Л12*), подается на усилитель постоянного тока УПТ-1, собранный на *Л15* (6Н1П), на который подается также напряжение обратной связи, снимаемое с демодулятора обратной связи *Л13*, *Л14*. На демодулятор обратной связи напряжение поступает со специальной тахометрической обмотки исполнительного двигателя *М1* блока МТ-53. Обратная связь позволяет осуществить стабилизацию следящей системы автосопровождения по дальности. Суммированные и усиленные прямой сигнал ошибки и сигнал обратной связи подаются на второй усилитель постоянного тока УПТ-2 (*Л16*), в анодные цепи которого включены управляющие обмотки магнитного усилителя мощности. Напряжение, снимаемое с выхода магнитного усилителя, через разъем *Ш1* подается в блок МТ-53 и используется в качестве управляющего напряжения для исполнительного двигателя *М1* (типа ДАТ-6-5/400).

Для настройки и проверки линейности следования электрических визиров 2-км развертки за поворотом точной шкалы дальности в системе дальности предусмотрен калибратор, схема которого размещена в блоке МТ-51. Калибратор состоит из фазосдвигающей схемы и умножителей частоты. С выхода катодного повторителя *Л2а* (блока МТ-51) синусоидальное напряжение 75 кГц подается на фазосдвигающий каскад *Л5а* (6Н1П), на выходе которого фаза синусоидального напряжения может меняться на 45°. Далее, это напряжение подается на умножители, собранные на лампе *Л22* (6Н1П) и повышающие частоту напряжения до 600 кГц последовательным умножением на 4 и 2. С выхода умножителей напряжение 600 кГц через переключатель рода работ подается на вертикально отклоняющую пластину электронно-лучевой трубки. Это напряжение является контрольным при проверке правильности настройки фазовращателя.

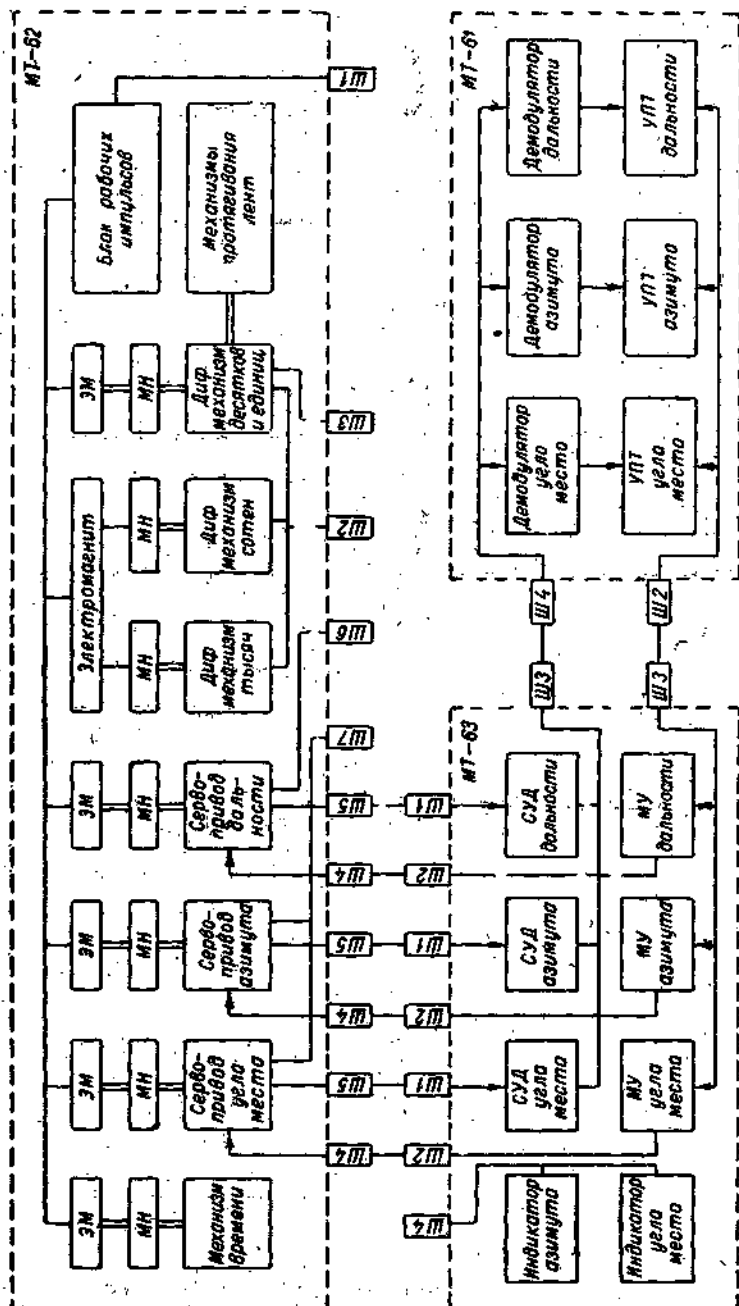
3.4.8. Система передачи и регистрации данных МТ-60

Система передачи и регистрации данных предназначена для передачи на регистрирующее устройство текущих угловых координат и наклонной дальности и для автоматической регистрации на бумажной ленте текущих угловых координат, наклонной дальности, времени полета радиозонда и метеорологической информации.

Система передачи и регистрации данных состоит из блока регистратора МТ-62, блока сервоусилителей МТ-61 и блока магнитных усилителей МТ-63. Кроме того, в систему входят сельсины-датчики блоков МТ-74 и МТ-53 (рис. 3.4.8).

Для обеспечения передачи угловых координат и наклонной дальности в блоке регистратора МТ-62 используются следующие системы, которые обеспечивают передачу значений координат в режимах ручного управления и автоматического сопровождения радиозонда. Ввиду идентичности следящих систем азимута, угла места и дальности рассмотрим только канал азимута. По всем трем каналам в блоке регистрации МТ-62 установлены механизмы сервоприводов, в которые входят: серводвигатель типа ДАТ-6-5/400, сельсин-трансформатор точного отсчета СС-150, сельсин-трансформатор грубого отсчета СС-150, шкала, редуктор и наборный механизм печати. При рассогласовании сельсинов-трансформаторов сервопривода блока МТ-62 с сельсинами-датчиками блока МТ-74 сельсины-трансформаторы грубого и точного отсчета вырабатывают напряжение ошибки (рассогласования), которое через разъемы Ш5 и Ш1 блока МТ-63 поступает на суммирующий усилитель датчиков (СУД), где усиливается и суммируется. Суммированный сигнал ошибки через разъемы Ш3 блока МТ-63 и Ш1 блока МТ-61 поступает на демодулятор для преобразования в управляющее напряжение. Управляющее напряжение, усиленное усилителями постоянного тока, через разъемы Ш2 блока МТ-61 и Ш3 блока МТ-63 поступает на магнитный усилитель, где преобразуется в управляющее напряжение с частотой 400 Гц. Это напряжение через разъемы Ш2 блока МТ-63 и Ш4 блока МТ-62 поступает на управляющую обмотку серводвигателя. Серводвигатель вращает роторы сельсин-трансформаторов следящей системы до тех пор, пока сигнал ошибки не станет равным нулю. При этом шкалы механизма сервопривода азимута блока регистратора поворачиваются на угол, соответствующий углу поворота антенны.

Для автоматической регистрации времени, текущих угловых координат радиозонда и метеорологических данных в блоке регистратора МТ-62 имеются соответствующие наборные механизмы печати и ударные электромагниты (ЭМ) печати.



Наборные механизмы через кинематические передачи связаны с соответствующими сервоприводами текущих координат механизмом набора времени и реечными дифференциальными механизмами набора метеорологических данных.

Для управления работой ударных электромагнитов печати служит блок рабочих импульсов, расположенный в регистраторе МТ-62. В блоке рабочих импульсов находится счетчик времени, основной частью которого является синхронный двигатель типа СД-2; на оси двигателя установлен коммутатор, с помощью контактных групп которого осуществляется управление печатью. Каскады печати, собранные на тиратронах, вырабатывают через каждые 30 с импульсы, вызывающие срабатывание ударных электромагнитов печати.

Механизм набора метеоданных, т. е. числа импульсов радиозонда за время счета, состоит из трех реечных дифференциальных механизмов: тысяч, сотен и механизма десятков и единиц. Управление работой каскада печати тысяч и сотен метеоданных осуществляется положительным импульсом печати, поступающим с блока МТ-43 через разъем Ш1-7. Управление работой каскада печати десятков и единиц метеоданных производится с помощью контактных групп КП1 и КП2, которые кинематически связаны с реечным дифференциальным механизмом десятков и единиц, а также управляющим (блокирующим) импульсом, поступающим с блока МТ-43 через разъем Ш1-5. Реечные дифференциальные механизмы связаны с соответствующими оцифрованными барабанами наборного механизма печати.

Для протягивания бумажной и красящей лент в блоке МТ-62 установлены лентопротяжные механизмы.

В блоке МТ-63 на переднюю панель вынесены шкалы индикаторных сельсинов-приемников азимута и угла места, которые электрически соединены с сельсинами-датчиками блока МТ-74 (антенная колонка) через разъем Ш4.

3.4.9. Система управления антенной МТ-70

Система управления антенной (рис. 3.4.9) служит для управления движением антенны по азимуту и углу места. Система управления антенной позволяет осуществлять три режима работы: 1) ручное управление, 2) автоматический секторный поиск, 3) автоматическое сопровождение радиозонда по азимуту и углу места.

Рис. 3.4.8. Упрощенная блок-схема системы передачи и регистрации данных.

ЭМ — электромагнит, МН — механизм набора, МУ — магнитный усилитель, СУД — суммирующий усилитель датчиков.

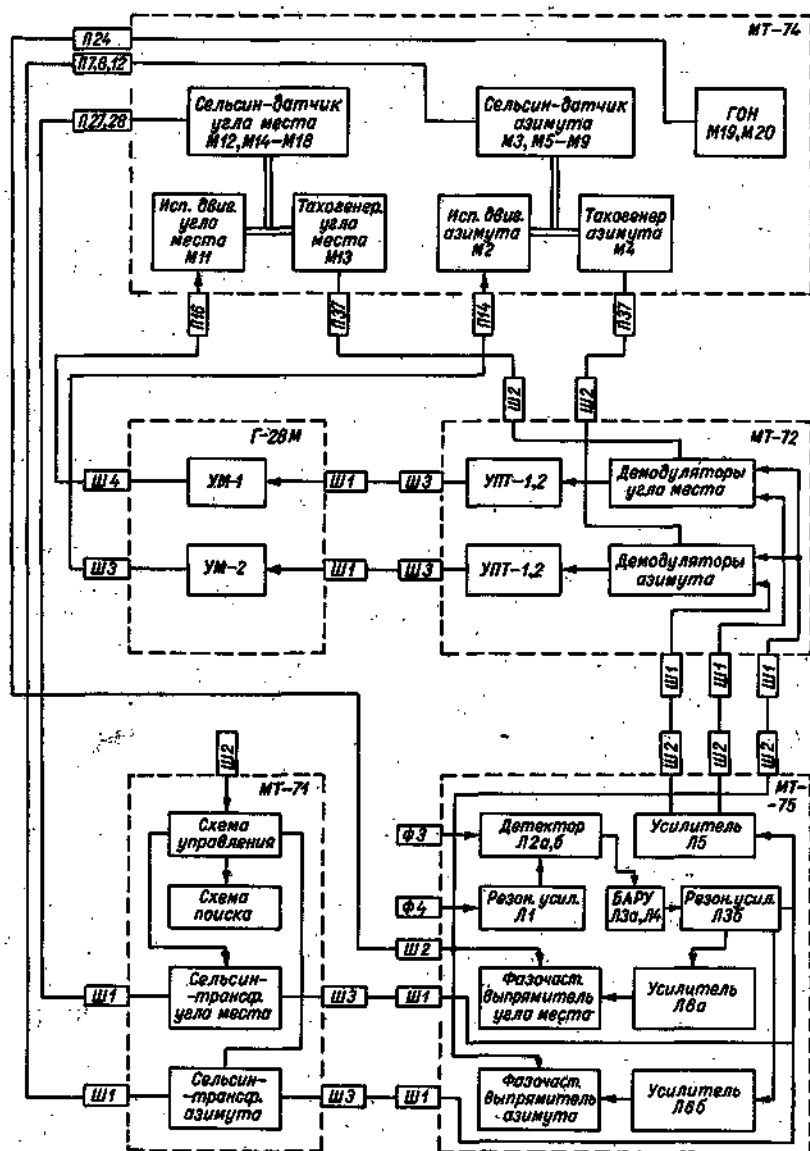


Рис. 3.4.9. Функциональная схема системы управления антенной.

Переход с одного режима работы на другой осуществляется кнопочным переключателем «Ручное—Поиск—Автомат», расположенным на передней панели блока управления антенной МТ-71. Кроме того, на передней панели блока МТ-71 расположена кнопка «Стоп», позволяющая быстро останавливать движение антенны по обеим координатам.

Станция «Метеорит» обеспечивает два режима автоматического сопровождения: автоматическое сопровождение радиопилота (углового отражателя) и автоматическое сопровождение радиозонда. Принципиально следящая система сопровождения по угловым координатам в обоих режимах работает одинаково. Введение двух режимов вызвано различием сигнала на входе системы. В режиме «Радиозонд» сигнал представляет собой суперный шум радиозонда, промодулированный по амплитуде с частотой 24 Гц, в режиме «Угловой отражатель» — отраженные импульсы, промодулированные по амплитуде с частотой 24 Гц. В основу автоматического сопровождения станции положен принцип равносигнальной зоны. Огибающая модулированных по амплитуде сигналов изменяется приблизительно по синусоидальному закону с периодом, соответствующим скорости вращения диаграммы направленности. Синхронно с вращением диаграммы направленности вращается генератор опорных напряжений (ГОН), создающий два синусоидальных напряжения, сдвинутых по фазе на 90° . Одно из них является опорным напряжением канала азимута, другое — опорным напряжением канала угла места.

Из трех режимов работы антенной системы рассмотрим только два: режим ручного управления антенной и режим автоматического сопровождения радиозонда (режим автоматического секторного поиска не рассматривается, так как он используется очень редко).

Включение режима ручного управления осуществляется нажатием кнопки «Ручное» на блоке управления антенной МТ-71. При этом обеспечивается кинематическая связь сельсинов-трансформаторов ручного управления со штурвалами управления антенной. Через контакты реле схемы управления напряжение возбуждения поступает на сельсины М14 и М5 антенной колонки МТ-74, которые электрически связаны с сельсини-трансформаторами блока управления. При вращении штурвалов управления происходит рассогласование сельсинов, в результате чего вырабатывается напряжение сигнала ошибки, снимаемое с роторных обмоток.

Проследим работу системы управления по каналу азимута. Напряжение сигнала ошибки с сельсина-трансформатора азимута через разъем ШЗ блока МТ-71 и разъем Ш1 блока МТ-75 поступает на усилитель Л5, собранный на лампе (6Н1П).

Сигнал ошибки представляет собой напряжение 400 Гц с изменяющейся амплитудой и фазой. Усиленный сигнал ошибки через разъемы *Ш2* блока МТ-75 и *Ш1* блока МТ-72 поступает на демодулятор азимута, представляющий собой фазочувствительный выпрямитель сигнала ошибки, в качестве опорного напряжения которого используется напряжение 400 Гц, снимаемое с трансформатора блока магнитных усилителей Г-28М. С выхода фазочувствительного выпрямителя (демодулятора) постоянное напряжение ошибки поступает на усилители постоянного тока (УПТ) канала азимута. Усиленное управляющее напряжение с УПТ через разъем *Ш3* блока МТ-72 и разъем *Ш1* блока Г-28М поступает на управляющие обмотки магнитного усилителя УМ-2.

Изменения тока в управляющих обмотках магнитного усилителя приводят к изменению тока 400 Гц в обмотках переменного тока, в цепь которых включена управляющая обмотка приводного электродвигателя М2 типа ДАД8-300/400 антенной колонки. Величина и фаза тока в цепи обмоток переменного тока приводного двигателя, а следовательно, и скорость, и направление вращения зависят от величины и полярности управляющего напряжения. Из-за инерционности системы антенна может пройти положение заданного направления. В результате возникает напряжение сигнала ошибки противоположной фазы. Таким образом возникают непрерывные колебания (качания) антенны. Для устранения этих качаний антенны применена отрицательная обратная связь. Напряжение обратной связи, пропорциональное скорости вращения антенны, снимается с тахогенератора М4 типа ТГ-4 и через разъем *Ш2* блока МТ-72 подается на демодулятор обратной связи. Управляющее напряжение обратной связи поступает на усилитель постоянного тока в такой полярности, что оно уменьшает величину управляющего напряжения, поступающего с выхода УПТ. В результате этого антенна, совершив два-три качания, останавливается точно в заданном направлении.

Переход в режим автоматического сопровождения радиозонда производится нажатием кнопки «Автомат» на блоке МТ-71. При этом через контакты реле подается напряжение возбуждения на роторные обмотки специальных сельсинов-датчиков М14 и М5 ручного управления, находящихся в антенной колонке, и на сельсины-трансформаторы блока управления МТ-71, которые при этом работают в режиме подслеживания.

При автоматическом сопровождении радиозонда напряжение с канала угловой автоматики блока МТ-31 через разъем *Ф4* блока МТ-75 поступает на резонансный усилитель Л1. С выхода резонансного усилителя 800 кГц напряжение сигнала поступает на детектор Л26, который служит для выделения оги-

бающей 800 кГц. Далее напряжение поступает в схему быстродействующей автоматической регулировки усиления (БАРУ), которая предназначена для поддержания постоянства амплитуды напряжения 24 Гц. С выхода БАРУ напряжение поступает на резонансный усилитель ЛЗб, затем на усилитель Л5; далее схема работает так же, как и в режиме ручного сопровождения, только опорным напряжением для выделения сигнала ошибки является напряжение ГОНа, поступающее в блок МТ-75 через разъем Ш2 и в блок сопровождения МТ-72 через разъем Ш1. В режиме «Угловой отражатель» с блока МТ-31 напряжение сигнала поступает через разъем ФЗ блока автоматического сопровождения по угловым координатам МТ-75 на пиковый детектор Л2а, далее через контакты реле на схему БАРУ.

3.4.10. Система электропитания МТ-80

Система электропитания служит для обеспечения всех систем станции необходимым для их нормальной работы напряжением и для коммутации цепей питания (рис. 3.4.10).

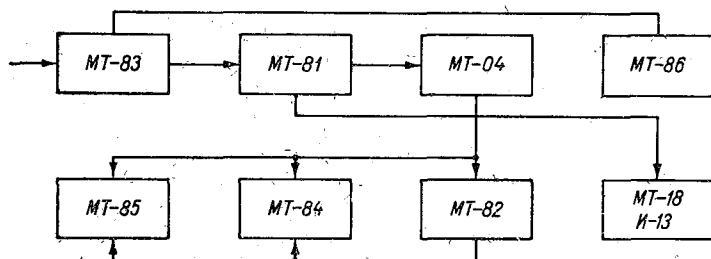


Рис. 3.4.10. Блок-схема системы питания.

В систему электропитания входят наружный щиток МТ-83, панель управления питанием МТ-04, блок управления питанием МТ-81, блоки питания МТ-82, МТ-84, МТ-85 и блок управления гидравликой МТ-86 (только в станции «Метеор»).

Источником питания станции при отсутствии промышленной сети является станция питания типа ЭСД-20-ВЛ/230/Ч-400, при наличии промышленной сети 220/380 В, 50 Гц — сетевой агрегат питания типа 218С.

Электроэнергия от станции питания или агрегата питания подводится кабелями марки СШТ-3Х16 к наружному щитку МТ-83. От наружного щитка МТ-83 напряжение питания подается на блок управления питанием МТ-81, который предназначен для включения питающего трехфазного напряжения 220 В, 400 Гц и для распределения его по основным системам

станции: передатчик (МТ-18, И-13), главный пульт (МТ-04), система вентиляции главного пульта, приводные двигатели (неуправляемые обмотки); сельсины.

Панель управления МТ-04 предназначена для управления питанием систем станции, расположенных в главном пульте (МТ-80, МТ-70, МТ-60, МТ-50, МТ-40, МТ-30). С МТ-04 напряжение питания подается на блоки системы питания МТ-82, МТ-84, МТ-85. Панель управления МТ-04 позволяет с помощью тумблеров снимать напряжения питания как по цепям анодного питания, так и по цепям накала. Питание анодных и накальных цепей включается тумблерами *B2*, *B6* (приемная система), *B3*, *B7* (система счета), *B4*, *B8* (система дальности), *B5*, *B9* (система регистрации данных и управления антенной).

Блок МТ-82 предназначен для питания цепей смещения, реле, электромагнитных муфт и для подачи опорных напряжений в блоки МТ-84 и МТ-85. Он вырабатывает напряжения — 105 В и +26 В.

Блок МТ-84 предназначен для питания всех основных цепей приемной системы и системы счета; он состоит из двух стабилизированных выпрямителей «+250 В», двух стабилизированных выпрямителей «+150 В», стабилизированного выпрямителя «+300 В» и реле задержки.

Блок МТ-85 предназначен для питания систем измерения дальности, управления антенной и регистрации данных; он состоит из трех стабилизированных выпрямителей «+250 В».

3.4.11. Горизонтирование и ориентирование станций

После выполнения монтажа станции «Метеорит» (или развешивания станции «Метеор») и проведения предварительной проверки станции на работоспособность производят горизонтирование ее антенной колонки, которая устанавливается на плоской части крыши здания аэрологической станции.

Антенная колонка станции «Метеорит» по конструкции ничем не отличается от антенной колонки станции «Метеор». Антенная колонка станции «Метеорит» крепится на специальной треугольной раме, имеющей по углам механические домкраты в виде винтов. Подпятники домкратов жестко прикрепляются с помощью металлических пластин и болтов к потолочному перекрытию здания.

Горизонтирование антенной колонки производится механическими домкратами с помощью гаечного ключа. Контроль за правильностью горизонтирования осуществляется по двум взаимно перпендикулярным уровням, установленным на верхней вращающейся части антенной колонки.

Горизонтирование станции «Метеор» производится с помощью гидравлических домкратов кабины станции, управление гидравлической системой осуществляется в холодном отсеке кабины.

Перед ориентированием станции по странам света необходимо проверить согласование электрической оси антенны и оптической оси визира и выверить станцию по углу места. Электрической осью антенны называется воображаемая линия, соединяющая антенну станции с автоматически сопровождаемой целью, когда сигнал ошибки от этой цели равен нулю. Оптической осью визира называется воображаемая линия, соединяющая центр объектива визира с удаленной точкой, видимой в центре перекрестья визира. Для обеспечения точного отсчета координат сопровождаемого радиозонда оси должны быть параллельны, так как выверение по углу места и ориентирование станции по азимуту производится при помощи визира. Проверка параллельности оптической и электрической осей антенны производится с помощью радиозонда, установленного на расстоянии около 300 м при вертикальном угле не менее 6° . Окончательная проверка производится при автоматическом сопровождении радиозонда в свободном полете, который должен быть в поле зрения визира и совершать колебательные движения вокруг центра перекрестья, не выходя, как правило, за пределы круга $0-02^\circ$ ($7,2'$) (отдельные случайные выбросы допускаются). В случае нарушения параллельности осей необходимо провести регулировку методом перемещения параболического отражателя антенны с помощью регулировочных болтов при условии, что визир выставлен верно. В противном случае допускается регулировка с помощью визира.

Ориентирование станции по странам света можно производить по миру, Солнцу и Полярной звезде. Наиболее распространено ориентирование по миру. Оптический теодолит с буссолью устанавливается в створе с предметом, выбранным в качестве миры. Теодолит устанавливается на расстоянии не менее 20 м от станции, так чтобы можно было видеть в визире антенны выбранный предмет и оптический теодолит.

Для выверения станции по углу места необходимо повернуть антенну так, чтобы в перекрестье визира была видна характерная точка (вершина) миры. По известным угловым координатам миры нужно установить угломестные шкалы блоков МТ-62 и МТ-63 с помощью разворота статоров сельсинов-трансформаторов и сельсинов-приемников. В антенной колонке необходимо ослабить винты, крепящие шкалу, и установить на ней значение угла места данного местного предмета.

Для установки азимутальных шкал станции в соответствии с координатами миры необходимо:

- снять крышку люка азимутального отсека колонки, в котором расположены азимутальные шкалы;
- освободить фрикционную муфту сельсинного привода, для чего отstopорить барашек и повернуть рукоятку против хода часовой стрелки;
- навести антенную колонку на ориентир (миру) по оптическому визиру;
- закрепить колонку с помощью азимутального тормоза;
- проверить точность наводки антенной колонки на ориентир по оптическому визиру;
- нажать рукоятку поворота сельсинного привода вниз и с ее помощью развернуть сельсин-датчик и шкалы так, чтобы они показывали азимут выбранного ориентира;
- закрепить рукояткой фрикционную муфту сельсинного привода и заstopорить барашек. Сравнить показания азимутальных шкал блока МТ-63, МТ-62 и антенной колонки, они должны совпадать.

3.4.12. Проверка работоспособности станции и регулировка систем

Проверка работоспособности систем станции производится через 15—20 мин после включения станции перед выпуском радиозонда не реже одного раза в месяц.

1. Включить станцию в режиме «Угловой отражатель».
2. Проверить частоту настройки передатчика с помощью контрольного резонатора МТ-92, при необходимости настроить на рабочую частоту ручкой «Длина волны» блока МТ-11 по максимальному отклонению стрелки прибора.
3. Настроить приемную систему на частоту передатчика:
 - 1) контрольный резонатор МТ-92 должен быть настроен на частоту передатчика;
 - 2) усиление приемника блока МТ-32 должно быть максимальным, т. е. ручка «Усиление» повернута вправо до упора;
 - 3) вращая штурвал блока МТ-53, установить такую дальность, чтобы при масштабе развертки 2 км на индикаторе блока МТ-51 был виден спад «звона»;
 - 4) установить ручку «Напр. отраж.» блока МТ-32 в среднее положение; вращая ось потенциометра «Выбор зоны РПЧ», установить напряжение отражателя клистрона —480, —490 В; контроль осуществить авометром, включенным между гнездами «Напр. отраж.» и корпусом блока МТ-31;
 - 5) настроить гетеродин, вращая ручку «Частота гетеродина» блока МТ-31 до получения максимальной длительности «звона»; прибор «Ток кристалла» блока МТ-31 должен показывать ток 0,7—0,9 мА;

6) настроить антенный переключатель вращением пробки и плунжера разрядника до получения максимальной длительно-сти «звона», величина которого должна быть не менее 5000 м;

7) расстроить контрольный резонатор МТ-92;

8) уточнить настройку приемной системы по местному предмету, находящемуся на расстоянии не менее 2—5 км;

9) проверить работу АРУ:

— вращая штурвал дальности блока МТ-53, совместить сигнал от выбранного местного предмета с электрическими визирами;

— поставить тумблер «АРУ—РРУ» блока МТ-32 в положение «АРУ», при этом шумы на индикаторе дальности должны исчезнуть, а сигнал не должен ограничиваться.

Проверка настройки приемной и передающей систем станции производится при подготовке радиозонда к выпуску в режиме «Радиозонд».

4. Проверить работу системы измерения дальности:

1) проверить четкость и яркость разверток на индикаторе блока МТ-51, при необходимости установить нормальную яркость и фокусировку;

2) поставить тумблер переключателя развертки в положение 30 км, посередине развертки должен находиться пьедестал, образованный 2-км стробом;

3) проверить делители 25 кГц и 5 кГц блока МТ-51:

— поставить тумблер «Масшт. разв.» в положение «2 км», переключатель рода работы—в положение «Контроль»;

— подать напряжение с гнезда 25 кГц на гнездо «Контроль»;

— совместить электрический визир поочередно с двумя соседними импульсами 25 кГц, расстояние между ними по шкалам блока МТ-53 должно быть 6000 ± 15 м. На каждом пятом импульсе частоты 25 кГц должна быть отметка импульсов частоты 5 кГц, расстояние между которыми будет 30 км;

4) проверить линейность следования электрического визира:

— переключатель рода работы поставить в положение «Калибровка», установить потенциометром «Сдвиг калибр.» максимум контрольной синусоиды симметрично относительно одной из визирных меток;

— устанавливать шкалу дальности последовательно на 250 м, 500 м и так до 2 км. Ошибка визиров во всех точках определяется путем доворота механизма дальности до симметричного положения визирной метки относительно максимумов контрольной синусоиды. Полусумма абсолютных значений максимальной положительной и отрицательной ошибок дает величину нелинейности, которая не должна превышать 15 м;

5) проверить нелинейность следования строб-импульса за поворотом шкалы дальности блока МТ-53:

— установить штурвалом дальности шкалы дальности на нуль, при этом визир должен находиться приблизительно по середине развертки; если это не выполняется, то потенциометром «Калибровка строба—Начало» блока МТ-53 установить визир по середине развертки;

— штурвалом дальности медленно вращать шкалы дальности до 150 км, при этом визир не должен смещаться более чем на 15 мм. Необходимые регулировки производить потенциометрами «Регулировка строба—Конец» блока МТ-53. После этого вновь установить шкалы на нуль и затем на 150 км, производя, если нужно, регулировки потенциометрами «Начало» и «Конец»;

6) проверить балансировку автодальномера:

— установить ручкой «Усиление» блока МТ-32 по индикатору блока МТ-51 шуму 2—3 мм;

— поставить переключатель «Ручное—Автомат» блока МТ-53 в положение «Автомат»; если после этого шкалы дальности начинают двигаться, сбалансировать систему потенциометром «Баланс-1» блока МТ-52. Балансировку производить в соответствии с режимом работы станции;

7) проверить установку нулевого отсчета дальности, для чего, вращая штурвал дальности, совместить конец первой метки электрического визира точной дальности с началом переднего фронта зондирующего импульса передатчика. При этом показания шкал блока МТ-53 не должны отличаться от величины, указанной в формуляре на станцию или в акте о вводе ее в эксплуатацию, более чем на ± 10 м. Если это требование не выполняется, то поворотом оси «Установка нуля» блока МТ-53 добиться нужного показания шкал.

5. Проверить работу системы счета:

1) включить станцию в режиме «Радиозонд»;

2) в блоке МТ-32 тумблер «Работа—Контроль счета» поставить в положение «Контроль счета», при этом должна начаться периодическая работа передатчика (периодами по 5 с с перерывами в 1 с). На индикаторе блока МТ-44 должны появляться считываемые импульсы (рис. 3.4.11). Стрелочные приборы блока МТ-62 должны периодически показывать итог счета, равный 1000 ± 1 Гц. Если считываемые импульсы не появляются или число их нестабильно, отрегулировать систему вращением потенциометра «Смещ. селектора» блока МТ-32;

3) проверить срабатывание селекторов блоков МТ-32 и МТ-43 нажатием кнопки «Имитатор перепада» блока МТ-32 с периодом 0,5 с; итог счета, фиксируемый приборами блока МТ-62, не должен изменяться более чем на ± 4 Гц;

4) проверить частоту повторения импульсов запуска пере-

датчика, для чего гнездо «Строб 2 км» блока МТ-51 соединить с гнездом «Счит. имп.» блока МТ-42. При этом приборы блока МТ-62 должны периодически показывать итог счета, равный 833 ± 1 Гц;

5) в блоке МТ-32 тумблер «Работа—Контроль счета» поставить в положение «Работа».

6. Проверить работу системы управления антенной:

1) проверить положение ручки «Усиление» блока МТ-75 и ручек «Обр. связь» каналов азимута и угла места блока МТ-72; они должны находиться в положениях, указанных в формуляре на станцию;

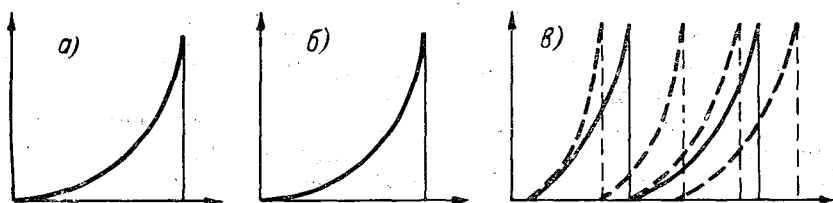


Рис. 3.4.11. Форма импульсов счета на индикаторе блока МТ-44.

2) проверить вращение антенны по азимуту и углу места; в крайних положениях по углу места должны срабатывать концевые выключатели, при этом напряжение на приборе угла места блока МТ-72 должно быть 0—2 В:

— проверить работу системы управления антенной в режиме «Секторный поиск», при этом должны совершаться колебательные движения по азимуту и углу места, отработка шкал блока МТ-62 прекращается;

— проверить схему торможения, для чего нажать кнопку «Стоп» блока МТ-71, при этом гаснет лампа «Поиск», движение антенны прекращается, визиры шкал блока МТ-62 отрабатывают положение антенны;

3) проверить балансировку системы управления антенной:

— повернуть потенциометр «Усиление» блока МТ-32 против часовой стрелки до упора;

— установить антенну по углу места на угол 7-00 ду;

— нажать кнопку «Автомат» блока МТ-71;

— поставить переключатель «Контроль балансов» канала угла места блока МТ-72 в положение «1». Если антенна начнет вращаться, то потенциометром «Баланс-1» канала угла места остановить вращение, при этом прибор должен показывать не более 5 В. Аналогичные операции произвести при установке переключателя «Контроль балансов» в положения «2» и «3».

при этом вращать соответственно потенциометры «Баланс-2» и «Баланс-3»;

— поставить переключатель «Контроль балансов» канала угла места в положение «Работа», антенна должна остаться неподвижной;

— подобные операции произвести по балансировке канала азимута.

7. Проверить работу системы передачи и регистрации данных:

1) тумблеры «Возбужд. двигат.», азимута, угла места и дальности, блока МТ-62 поставить в положение «Выкл.»;

2) повернуть антенну от прежних положений по азимуту и углу места на угол $5-00 \div 10-00$ ду. Штурвалом блока МТ-53 изменить показания шкал дальности на 5—10 км;

3) тумблеры «Возбужд. двигат.» блока МТ-62 поставить в положение «Вкл.», при этом шкалы блока МТ-62 должны отработать положение антенны и значение дальности. При отработке рассогласования должно происходить не более трех-четырех качаний шкал блока МТ-62; при необходимости произвести регулировку потенциометром «Обратн. связь» соответствующего канала блока МТ-61;

4) проверить правильность заправки бумажной ленты, ее движение. Нажать кнопку «Пуск» блока МТ-62; на бумаге должны отпечатываться время, угловые координаты и дальности, соответствующие показаниям шкал, с точностью не хуже 0-01 ду и 10 м. Регистрация этих данных должна осуществляться через каждые 30 с. При нажатии кнопки «Стоп» блока МТ-62 счетчик времени должен остановиться и показывать знак минус (—). Частота сигнала метеорологической информации должна регистрироваться через каждые 5 с в соответствии с показаниями приборов блока МТ-62 в момент срабатывания механизмов печати.

8. Произвести проверку режимов автоматического сопровождения по дальности и угловым координатам, которая осуществляется по отдельному местному предмету, дающему четкий отраженный сигнал, или по радиозонду, установленному на расстоянии не менее 300 м. Для проверки необходимо:

1) установить штурвалом дальности блока МТ-53 электрический визир симметрично отраженному сигналу, тумблер «Ручное—Автомат» блока МТ-53 поставить в положение «Автомат», затем в положение «Ручное», при этом произвести рассогласование на 50 м. Далее, поставить тумблер в положение «Автомат», после трех-четырех колебаний шкалы дальности электрический визир на индикаторе дальности должен установиться симметрично отраженному сигналу;

2) навести антенну на местный предмет точно по его угло-

вым координатам, затем штурвалами блока МТ-71 ответить антенну по угловым координатам на 0-50 ду, нажать кнопку «Автомат»: антенна должна установиться в назначенный местный предмет, т. е. вернуться в прежнее положение. Проверка режимов автоматического сопровождения по угловым координатам с помощью радиозонда, установленного на расстоянии не менее 300 м, выполняется аналогично, необходимо только помнить, что переключатель «Сдвиг полупроводов» должен стоять не в положении «1», а в положении «3—5».

3.4.13. Подготовка станции к сопровождению радиозондов и угловых отражателей

Для подготовки станции к работе необходимо сделать следующее:

- 1) включить станцию;
- 2) проверить работоспособность всех систем;
- 3) включить радиозонд и направить на него антенну станции;
- 4) настроить приемную систему на частоту радиозонда, добываясь максимальной амплитуды сигнала от радиозонда на индикаторе блока МТ-51 и не допуская ограничения амплитуды сигнала (в случае необходимости уменьшить амплитуду ручкой «Усиление» блока МТ-32);
- 5) проверить работу АИЧ методом расстройки гетеродина; 6) проверить работу схем АРУ методом переключения тумблера «АРУ—РРУ; при положении «АРУ» амплитуда сигнала должна уменьшаться;
- 7) проверить работу канала счета, для чего поставить тумблер «АРУ-РРУ» в положение «РРУ» и ручкой «Усиление» установить амплитуду сигнала радиозонда, в два раза превышающую нормальный уровень шумов; при этом счет должен прекратиться;
- 8) проверить систему управления антенной в режиме авто-сопровождения методом отклонения антенны от точки пеленгирования на 30-50 ду с помощью штурвалов ручного управления;

9) проверить печать метеоданных, при этом отпечатываемые результаты счета не должны отличаться от показаний прибор более чем на $\pm 1^\circ$;

10) счетчик времени установить на нуль.

После выполнения этих операций станция готова к сопровождению радиозонда.

При оперативной работе станции перед выпуском радиозонда в свободный полет необходимо провести проверку радиозонда с перекрестной наземных метеоданных на бумажной

ленте. После выпуска радиозонда, до появления его ответного сигнала, станция сопровождает радиозонд только по угловым координатам. После появления ответного сигнала по дальности, вращая штурвал дальности блока МТ-53, совместить ответный импульс с 2-км стробом, включить развертку 2 км, совместить ответный импульс с электрическими визирами и поставить переключатель «Ручное—Автомат» блока МТ-53 в положение «Автомат». В процессе сопровождения радиозонда подстраивать приемник ручной «Частота гетеродина» в блоке МТ-31, добиваясь нулевых показаний прибора блока МТ-32 при установке тумблера прибора в положение АИЧ. По мере удаления радиозонда и ухудшения четкости ответного сигнала подстраивать частоту магнетрона.

При сопровождении углового отражателя (радиопилота) для подготовки станции необходимо:

- 1) станцию включить в режим «Угловоый отражатель»;
- 2) проверить работоспособность всех систем;
- 3) произвести настройку приемно-передающей системы по максимальной величине «звона»;

4) выключить приводные двигатели азимута и угла места;

5) до появления сигнала от углового отражателя антенну навести вручную так, чтобы угловый отражатель находился в перекрестии оптического визира. При появлении отраженного сигнала от углового отражателя включается автосопровождение по дальности;

6) предупредить оператора, находящегося на крыше; включить приводные двигатели и автоматическое сопровождение по угловым координатам;

7) тумблер «АРУ—РРУ» блока МТ-32 поставить в положение «АРУ».

При глубоких и длительных замираниях сигнала радиопилота, а также при совмещении его с мощными импульсами от местных предметов следует переходить на ручное сопровождение по дальности. При потере радиопилота переключить станцию в режим ручного управления по дальности и угловым координатам; после обнаружения радиопилота перейти на автосопровождение углового отражателя.

3.4.14. Контроль и настройка систем станции

Настройка систем станций производится силами штата станции периодически, после замены деталей или узлов, а также если станцию не удается подстроить пеленговками, указанными в п. 3.4.13. Станцию предвзятельно протестировать, включая ее на 20—30 мин.

Контроль работы и настройка передающей системы закю-
чается в следующем:

— включить питание передатчика и главного пульты. При этом на передней панели блока MT-18 должны затвориться лам-
почка «Сеть», лампочка подсветки приодов и лампочка «Вы-
сокое снижено». Через 5 мин должны сработать реле времени
и затвориться лампочка «Смещение»;
— проверить наличие импульсов запуска на выходе блока
MT-51 и их частоту следования с помощью индикатора блока
MT-51 и системы счета MT-40;

— включить высокое напряжение нажатием кнопки «Высо-
кое», при этом должна затвориться лампочка «Высокое вкл.»;
— вращая ручку регулятора «Регул. напряж. +27 кВ»,
установить величину тока магнетрона по прибору «Ток магнет-
рона» 16—17 мА, при этом высокое напряжение по прибору
«Киловольты×0,1» должно быть 25—27 кВ. Если при этом на-
пряжения ток магнетрона не будет равен 15—16 мА, то его не-
обходимо отрегулировать ручкой «Напряженность поля»;
— проверить напряжение выпрямителей по прибору «Инди-
катор напряжений». При нормальном режиме передатчика
стрелка прибора должна находиться между красными рисками
в положениях переключателя «2000 В», «450 В», «1400 В»,
«—600 В» и «—200 В»;

— проверить ток выпрямителей по прибору «Ток выпрями-
телей×50»; при нормальном режиме во всех положениях пере-
ключателя ток должен соответствовать величинам, указанным

2000	450	1400	600	27 000 В
3,5—10,5	3,5—10,5	2—8	1—7	18—30 мА

— проверить частоту магнетрона с помощью контрольного
резонатора MT-92 и прилагаемого к нему градуировочного гра-
фика; настройка на рабочую частоту осуществляется враще-
нием ручки «Длина волны» блока MT-11. Для магнетрона до-
пустимо наличие не более двух зон неустойчивой работы при
ширине каждой не более 2 МГц. Ширина рабочего спектра
магнетрона (расстояние между первыми минимумами) должна
быть не более 4 МГц; считать спектральную характеристику маг-
нетрона можно с помощью резонатора MT-92.

Проверка работы антенно-фидерной системы. Электрические
напрямы АФС обеспечиваются геометрическими размерами
ее элементов, состоянием контактных поверхностей и внутрен-
ней части фидера, а также правильной сборкой АФС.

Для проверки АФС необходимо:
— включить стацию в режим «Уголковый отражатель»,
установить номинальный ток магнетрона 16—17 мА;

— произвести внешний осмотр всех узлов АФС;
 — по характерному «писку» определить, нет ли в каком-либо сочленении фидерной линии пробоя; место пробоя можно также определить на ощупь по нагреву фидера в месте пробоя;
 — проверить работу угломестного и азимутального вращающихся соединений при номинальном токе магнетрона, медленно вращая антенну по азимуту (углу места) и наблюдая за вращением будут наблюдаться резкие скачки тока магнетрона. При неисправности вращающихся соединений АФС разобран и промыт. В заводских условиях и в ремонтных организациях АФС проверяется по коэффициенту бегущей волны; для исправной АФС он должен быть не ниже 0,6.

Контроль работы и настройки приемной системы проводится в три этапа: предварительная настройка, настройка в режиме «Уголковый отражатель» и настройка в режиме «Радиозонд». Категорически запрещается штату станций настраивать (подстраивать) усилители промежуточной частоты 30 МГц и 800 кГц, а также производить замену индуктивностей L_1 , L_6 в блоке MT-31, индуктивностей L_5 — L_9 , L_{12} , L_{13} и конденсаторов C_{10} , C_{67} , C_{71} , C_{78} и C_{117} в блоке MT-32. При предварительной настройке в блоке MT-32

— ручку потенциометра «Усиление» в положение «10»;

— тумблер «APV—PPV» в положение «PPV»;

— тумблер «АПЧ—ПЧ» в положение «ПЧ»;

— тумблер «АПЧ—APV» в положение «АПЧ»;

— тумблер «Работа—Контроль счета» в положение «Работа»;

— переключатель «Контроль КВА—Работа» на шасси

блока в положение «Работа».

Затем необходимо выключить следующее.

1. Проверить авометром питающие напряжения 250, 150,

—150, —250 и —550 В на блоках MT-31 и MT-32. Измерение

напряжения производится между корпусом и соответствующими

тедами, находящимися на передних панелях блоков. При не-

обходимости произвести регулировку питающих напряжений:

+250 и —550 В в блоке MT-84; —150 В в блоке MT-82; +150

и —250 В в блоке MT-31.

2. Установить начальное смещение кристаллического смеси-

теля и выбрать зоны генерации кристона:

MT-31 против хода часовой стрелки до упора;

— ручку регулировки связи в смесителе повернуть по ходу

часовой стрелки до упора;

— соввать колебания клистроны, установив ось потенциометра «Выбор зоны РПЧ» в положение, при котором показания стрелки прибора «Ток кристалла» блока МТ-32 будет равно нулю;

— вращая ось потенциометра «Смещ. крист.», установить по прибору «Ток кристалла» смещение кристалла, равное $0,5 \text{ мА}$;

— восстановить колебание клистроны, для чего включить в гнездо «Напр. отраж.» (МТ-31) авометр и, вращая ось потенциометра «Выбор зоны РПЧ», установить напряжение на отражателе — 480 ; — 490 В , при этом ручка потенциометра «Напр. отраж.» на панели блока МТ-32 должна находиться в среднем положении «5». Прибор «Ток кристалла» должен показывать не менее $0,7 \text{ мА}$. Вращая ручку регулировки связи смесителя против часовой стрелки, установить ток кристалла, равный $0,7$ — $0,9 \text{ мА}$. Установить тумблер блока МТ-32 «АПЧ—РПЧ» в положение «АПЧ» и, вращая ось потенциометра «Выбор зоны АПЧ», установить на отражателе клистроны напряжение — 480 ; — 490 В , чтобы при переключении тумблера «АПЧ—РПЧ» напряжение на отражателе не менялось. После восстановления напряжения отражателя клистроны тумблер «АПЧ—РПЧ» поставить в положение «РПЧ».

3. Установить задержку АРВ, для чего включить авометр между гнездами 18 «Задержка АРВ» на шасси блока МТ-32 и корпусом шасси и вращением оси потенциометра «Задержка АРВ» установить напряжение 40 — 50 В .

4. Включить между гнездом 19 «Установка АРВ» и корпусом на шасси блока МТ-32 авометр и по шкале 3 В вращением оси потенциометра «Устан. нуля АРВ» установить нуль АРВ.

5. Настроить местный гетеродин на частоту 1812 МГц :
— вращая ручку «Частота гетеродина» на передней панели блока МТ-31, установить пилунжер контура клистроны в среднее положение;

— подсоединить высокочастотный кабель контрольного резонатора МТ-92 к разьему Ф2 «Контроль» на передней панели блока МТ-31, при этом контрольный резонатор должен быть настроен на частоту 1812 МГц ;

— вращая подстроечные пилунжеры клистроной камеры, добиться наибольшего отклонения стрелки прибора резонатора. После настройки клистроны законтропить подстроечные пилунжеры и отключить резонатор.

Для настройки приемной системы в режиме «Уголковый отражатель» необходимо:

1) установить ручку «Усиление» на блоке МТ-32 в положение «10»;

2) вращая ось потенциометра «Усил. кд. угол отраж.» на шасси блока MT-32, установить уровень шумов по индикатору дальности 3—4 мм;

3) включить осциллограф в гнездо I8 «Задержка APV» на шасси блока MT-32 и вращением оси потенциометра R85 «Усил. KVA угол. отр.» на шасси блока MT-32 установить уровень шумов 40—50 В;

4. Настроить приемно-передающую систему на рабочую частоту по максимальной длительности «звона» и максимальному сигналу от местного предмета (см. п. 3.4.12 и 3.4.13).

5. Проверить действие APV по местному предмету, установив штурвалом дальности блока MT-32 имитатор отраженного сигнала от местного предмета симметрично относительно элек-трических визиров, при этом амплитуда сигнала должна умень-шиться, шумы исчезнуть. Если отраженный сигнал от местного предмета слабый, т. е. превышает уровень шумов не более чем в два раза, то при включении APV уровень сигнала и шумов дол-жны несколько уменьшиться, при дальнейшем ослаблении отра-женного сигнала за счет отведения антенны в сторону действия APV не должны проявляться. Если эти условия работы APV невы-полняются, то необходимо повторить операцию, указанную в п. 3.

Для настройки приемной системы в режиме «Радар зонд» необходимо:

1. Установить тумблер «APV-PPV» блока MT-32 в поло-жение «PPV», потенциометр «Усиление» в положение «10» и с помощью потенциометра R60 «Усил. кд. P3» на шасси блока MT-32 установить уровень шумов на индикаторе дальности блока MT-51, равный 3—4 мм.

2. Установить усиление канала общей APV в режиме «Радиозонд»; включив в гнездо I8 «Задержка APV» осциллограф и вращая ось потенциометра R84 «Усиление APV P3», устано-вить амплитуду шумов 40—50 В.

3. Настроить и проверить работу канала APV:

- ось потенциометров R19 «Уровень отраж.» и R23 «Усил. кан. APV» на шасси блока MT-32 установить по ходу часовой стрелки до упора;
- ручку потенциометра «Усиление» на передней панели блока MT-32 установить в положение «1»;
- тумблер «APV-APV» поставить в положение «APV»;
- вращая ось потенциометра «Нул. прибора» на передней панели блока MT-32, установить стрелку прибора ИТ-1 на «0»;
- установить ручку потенциометра «Усиление» в положе-ние «10»;

— проверить напряжение на отражателе кинистона, вклю-чив авометр между гнездами «Напряжение отраж.» и корпу-сом на панели блока MT-31; вращая ручку потенциометра «На-

прямые отраж. на передней панели блока МТ-32, установить на отражателе такое напряжение, чтобы при переключении тумблера «АПЧ—ПЧ» показания автомата не изменились;

— установить тумблер «АПЧ—ПЧ» в положение «ПЧ» включить радиозонд, установить антенну станции в направлении на радиозонд. Настроить приемную систему на частоту радиозонда ручкой «Частота гереродина» и разрядной камерой по максимальной величине амплитуды сигнала, не допуская искажений, уменьшая амплитуду ручкой «Усиление». При точной настройке на частоту радиозонда прибор на передней панели блока МТ-32 должен показывать «0»;

— установить ручку «Усиление» в положение «10», довести ось потенциометра «Усил. кан. АПЧ» против хода часовой стрелки до упора, отвести антенну от радиозонда на радиозонд так, чтобы сигнал от радиозонда на индикаторе превышал уровень шумов в три раза; расстроить гереродин ручкой «Частота гереродина» на 4 МГц. Контроль осуществлять с помощью контрольного резонатора МТ-92. Вращением оси потенциометра «Усил. кан. АПЧ» по ходу часовой стрелки устанавливать усиление канала АПЧ такое, чтобы произошед «захват», при этом тумблер «АПЧ—ПЧ» должен быть в положении «АПЧ»;

— проверить работу канала АПЧ: расстроить гереродин ручкой «Частота гереродина» так, чтобы микроамперметр ИТ-1 на панели блока МТ-32 показывал $\pm 0,25$ мкА. Поставить тумблер «АПЧ—ПЧ» в положение «АПЧ», при этом стрелка прибора должна показывать нуль с точностью ± 10 мкА, далее ручкой «Частота гереродина» настроить гереродин так, чтобы прибор показывал «0».

4. Настроить передатчик на частоту радиозонда, осуществив контроль по частоте гереродина ($f_{\text{г}} = f_{\text{р}} - 30 \text{ МГц}$) с помощью контрольного резонатора МТ-92.

5. Выставить длительность глампирующего импульса: — поставить переключатель «Работа—Калибровка—Контроль» в положение «Контроль» и соединить проводником гнездо «Контроль» блока МТ-51 с гнездом «Бланк, имп.» на передней панели блока МТ-32;

— вращая ось потенциометра «Длительность бланк. имп.» на панели блока МТ-32, установить длительность глампирующего импульса по индикатору дальности 15—18 км, затем переключатель на панель блока МТ-51 поставить в положение «Работа».

6. Установить потенциометр «Задержка АРЧ 800 кГц» на частоту угловой автоматизации радиозонда и канала счета:

— ответи антенну от радиозонда так, чтобы на индикаторе дальности были видны только шум; на передней панели блока МТ-32 установить тумблер прибора «АИЧ—АРУ» в положение «АРУ», при этом стрелка прибора должна отклониться вправо от нуля; установить ручку потенциометра «Плорот отсечки» блока МТ-44 так, чтобы показание прибора, находящегося на дальности сигнала превышал уровень шумов в два раза; вращая ось потенциометра «Задержка АРУ 800 кГц» в блоке МТ-32 добиться, чтобы показание прибора на панели блока МТ-32 были равны 2,0—0 мкА.

7. Выставить усиление канала угловой автоматик: — включить ЛОН и навести антенну на радиозонд; поставить тумблер «АРУ—РРУ» на блоке МТ-32 в положение «АРУ»; включить автоматическое сопровождение радиозонда по угловым координатам, нажав кнопку «Автомат» на блоке МТ-71; включить осциллограф С1-5 в гнездо «Выход КВА РЗ» и вращением оси потенциометра «Усиление КВА РЗ» установить по прибору «Ток БАРУ» блока МТ-75 ток 1,5—2 мА; — нажать кнопку «Ручное» блока МТ-71 и перейти на ручное сопровождение РЗ ответи антенну на азимуту на 0-30 ду, при этом сигнал на экране осциллографа должен быть симметричным и не иметь отклонений. Если имеет отклонения, необходимо вращением ручки «Плорот отсечки» блока МТ-44 добиться нормальной формы сигнала, а вращением оси потенциометра «Де-тектор» на шасси блока МТ-75 установить ток БАРУ 1,5—2 мА.

8. Настроить схему формирования перепада: — включить ЛОН; навести антенну на радиозонд так, чтобы сигнал на индикаторе дальности был ограничен; включить авометр между гнездами «Перепад АРУ» и корпусом на панели блока МТ-32 и, вращая ось потенциометра «Уровень перепада» на шасси блока МТ-32, установить напряжение —14÷—16 В; — ответи антенну от радиозонда, чтобы сигнал на индикаторе дальности превышал нормальный уровень шумов в два раза, и, вращая ось потенциометра «Напр. экр. сетки М31» блока МТ-32, добиться резкого увеличения напряжения перепада до величин —50÷—70 В. Затем плавно изменить направление сигнала радиозонда на индикаторе дальности от уровня шумов до отклонения и обратно путем вращения антенны по азимуту или углу места, убедившись, что перепад напряжения от —(14—16) до —(50—70) В происходит при азимуте сигнала, превышающей уровень шумов не менее чем в два раза. 9. Выставить смещение селектора: — навести антенну на радиозонд так, чтобы на индикаторе дальности сигнал превышал уровень шумов в три

раза; соединить проводником гнездо «Счит. имп.» блока МТ-42 с гнездом «Контроль» блока МТ-44, а тумблер на панели блока МТ-44 поставить в положение «Контроль»;

— вращая ось потенциометра «Смещ. селектора» на блоке МТ-32, по индикатору блока МТ-44 добиться устойчивости импульсов счета.

10. Проверить канал счета:

— включить ГОН, навести антенну на радиозонд, установить ручкой «Усиление» блока МТ-32 (или вращением ручки регулировки связи смесителя) уровень сигнала радиозонда, превышающий нормальный уровень шумов в три раза;

— отвести антенну от радиозонда на 0-30 ду по азимуту, при этом на индикаторе блока МТ-44 должны быть устойчивые изображения импульсов счета, форма которых приведена на рис. 3.4.11.

Необходимо помнить, что перебор счета импульсов связан с неправильным выставлением напряжения перепада, а недобор — с неправильной установкой смещения селектора.

Проверка и настройка системы измерения дальности. Перед проверкой необходимо убедиться, что все системы станции работают исправно; выключить высокое напряжение передатчика; поставить переключатель рода работ блока МТ-51 в положение «Контроль», переключатель разверток — в положение «30 км».

Проверку и настройку проводить в следующем порядке.

1. Проверить четкость развертки и визира на экране индикатора дальности, при необходимости отрегулировать яркость и сфокусировать. Проверить правильность и симметричность расположения разверток, при необходимости отрегулировать.

2. Проверить делители частоты:

— подать на гнездо «Контроль» напряжение с гнезда «25 кГц»; на экране индикатора должны наблюдаться импульсы 25 кГц; вращая штурвал дальности, определить расстояние между импульсами, которое должно быть равно 6000 ± 15 м; на каждом пятом импульсе должна быть отметка импульса 5 кГц. Если эти импульсы стабильны и интервалы между ними правильны, то делители 1:3 и 1:5 настроены правильно, но если эти условия не выполняются, необходимо произвести настройку делителей с помощью соответствующих потенциометров, установленных на шасси блока МТ-51;

— для проверки работы делителя 1:6 выключить тумблер «Приемник—Анод» панели блока МТ-04, подать напряжение с гнезда «Строб 2 км» блока МТ-51 на гнездо «Счит. имп.» блока МТ-42, при этом приборы блока МТ-62 должны зафиксировать частоту 833 ± 1 Гц. Если показания счетчика не соответствуют указанной частоте, необходимо настроить делитель 1:6, вращая ось потенциометра «833 Гц».

3. Проверить длительность и длину разверток:

— поставить переключатель развертки в положение «30 км», подать напряжение с гнезда Г1 на гнездо «Контроль» блока МТ-51. При длительности развертки 30 км на развертке должно быть видно 15 периодов синусоидального напряжения 75 кГц; если число периодов напряжения 75 кГц не равно указанному, необходимо подстроить потенциометром «Строб 30 км» на шасси блока МТ-51. Длина развертки должна быть около 50 мм, регулируется потенциометром «Ампл. разв.»;

— поставить переключатель развертки в положение «2 км», переключатель рода работ — в положение «Калибровка», при этом на развертке должно быть 8 периодов синусоидального напряжения 600 кГц; регулировка длительности развертки осуществляется потенциометром «Строб 2 км».

4. Проверить задержку импульса запуска передатчика:

— поставить переключатель рода работ блока МТ-51 в положение «Контроль», переключатель развертки — в положение «30 км», ось потенциометра «Задержка пуск. имп.» — в крайнее левое положение; подать напряжение с контрольного гнезда Г14, расположенного на шасси блока МТ-51, на гнездо «Контроль». Штурвалом дальности блока МТ-53 установить дальность, равную нулю, при этом на экране индикатора должен быть виден селекторный импульс;

— медленно поворачивать ось потенциометра «Задержка пуск. имп.» по ходу часовой стрелки, селекторный импульс будет перемещаться вправо. При определенном положении оси потенциометра на плоской части импульса появится выброс, затем второй, третий и т. д. Установить ось потенциометра в таком положении, при котором третий по счету выброс (пик) будет устойчиво расположен точно на середине плоской части селекторного импульса.

5. Проверить линейность задержки 2-км строба, линейность следования электрического визира, работу дальномера (см. п. 3.4.13, п. 9—11).

6. Проверить установку нулевого отсчета дальности, для чего, вращая штурвал дальности блока МТ-53, совместить начало зондирующего импульса с первой отметкой электрического визира, при этом показания шкал блока МТ-53 могут отличаться от величины, указанной в формуляре станции, не более чем на ± 10 м.

При отсутствии данных на выставление нуля дальности необходимо на расстоянии не менее 2000 м от станции, измеренном с точностью не хуже ± 5 м, установить радиозонд. Затем, вращая ось регулировки «Установка нуля» на блоке МТ-53, добиться положения, когда показания шкал дальности будут соответствовать измеренному расстоянию. Эту операцию можно

выполнить и при ручном сопровождении по дальности. После трехкратной проверки расстояния до радиозонда в режиме «Автомат» по дальности законтрить ось «Установка нуля». Выключить радиозонд, штурвалом дальности блока МТ-53 подвести начало зондирующего импульса до совмещения с первой визирной отметкой. Показания шкалы дальности внести в формуляр станции; обычно они находятся в пределах — $(90 \div \div 200)$ м.

Контроль работы и настройка системы счета производятся в следующем порядке.

1. Проверить работу делителей блока МТ-44:

— поставить переключатель «Абсолют. счет — Относит. счет» блока МТ-62 в положение «Абсолют. счет»; отсоединить кабель от разъема $\Phi 1$ блока МТ-44; подать напряжение с гнезда «1000 Гц» блока МТ-44 на гнездо «Счит. имп.» блока МТ-42, при этом контрольные приборы блока МТ-62 должны зафиксировать число 1000 ± 1 Гц; одновременно можно проверить эти импульсы на осциллографе (они должны иметь амплитуду 70 В и период повторения 1000 мкс, но при этом осциллограф необходимо подключить к гнезду «Счит. имп.» блока МТ-42, а тумблер «Работа—Контроль» блока МТ-32 должен находиться в положении «Контроль»).

В случае несоответствия напряжения 1000 Гц произвести регулировку потенциометром «Регул. 1 дел.», расположенным на шасси блока МТ-44;

— подать напряжение с гнезда «200 Гц» блока МТ-44 на гнездо «Счит. имп.» блока МТ-42; контрольные приборы блока МТ-62 должны показывать число 200 ± 1 Гц;

— подать напряжение с гнезда «50 Гц» блока МТ-44 на гнездо «Счит. имп.» блока МТ-42, при этом приборы блока МТ-62 должны давать показания 50 ± 1 Гц. В случае несоответствия указанных показаний произвести настройку делителей потенциометрами «Регул. 2 дел.» и «Регул. 3 дел.».

2. Проверить работу блока МТ-43:

— подключить вход осциллографа С1-5 к гнезду «Запуск»; на экране должны наблюдаться импульсы положительной полярности длительностью 50 мкс, с амплитудой 50 В и периодом 200 мкс;

— подключить вход осциллографа к гнезду Г14 (1-й селектор); на экране должны наблюдаться отрицательные импульсы длительностью около 50 мкс, с амплитудой 40—50 В; при нажатии кнопки «Имитатор перепада» блока МТ-32 импульсы должны исчезнуть;

— подключить осциллограф к гнезду Г2 (2-й селектор); на экране должны наблюдаться отрицательные импульсы, пропадающие на время действия импульса печати;

— подключить осциллограф к гнезду Г3 «40 Гц», на экране должны наблюдаться импульсы 40 Гц с амплитудой 90 В;

— подключить осциллограф к гнезду «0,2 Гц» (для проверки делителей 1:10, 1:2 и 1:10), воспользовавшись секундомером; включить его в момент скачка луча на экране осциллографа и после десяти полных периодов (десять скачков луча вверх и десять вниз) выключить. Если показания секундомера разделить на десять, то должно получиться 5 с.

3. Проверить работу блока МТ-42:

— отсоединить от блока разъем $\Phi 1$; подать напряжение с гнезда «Запуск» блока МТ-43 на гнездо «Счит. имп.» блока МТ-42;

— проверить осциллограммы на контрольных гнездах блока с помощью осциллографа С1-5. На гнезде Г2 «Анод селект.» должны быть импульсы 5000 Гц отрицательной полярности, появляющиеся на время действия импульса счета; на гнезде Г1 «1-я» декада» должны быть прямоугольные импульсы 500 Гц, появляющиеся на время счета; на гнезде Г9 «2-я декада» должны быть импульсы с частотой 50 Гц. В случае невыполнения данного требования необходимо последовательно заменить лампы Л15—Л24 и Л33—Л40.

4. Произвести контрольную проверку системы счета:

— поставить переключатель режима счета блока МТ-62 в положение «Абсолют. счет», тумблер «Работа—Контроль» блока МТ-32 — в положение «Контроль». Контрольные приборы блока МТ-62 должны фиксировать частоту 1000 ± 1 Гц;

— нажать кнопку «Имитатор перепада» блока МТ-32 в момент действия импульса счета; контрольные приборы блока МТ-62 должны зафиксировать количество импульсов, которое успел сосчитать счетчик; отпустить кнопку, при этом счетчик должен досчитать необходимое количество импульсов и приборы должны зафиксировать число, равное 1000 ± 1 Гц.

Контроль работы и настройка системы управления антенной. Вначале необходимо проверить напряжение +250 В на гнездах блоков системы, а затем выполнить следующие операции.

1. Включить неуправляемые обмотки двигателей привода азимута и угла места. Поставить переключатель «Контроль балансов» в положение «1». Установить с помощью потенциометра «Уровень тока» на блоке МТ-72 напряжение 20—25 В между гнездом Г1 «Смещение УПТ-2» и корпусом и между гнездом Г2 «Смещение УПТ-2» и корпусом; напряжение между этими гнездами выравнять потенциометром «Баланс-1» блока МТ-72 по обоим каналам. Измерения производить прибором типа АВО-5М.

2. Проверить балансировку системы управления по обоим каналам, описанную в п. 3.4.12...

3. Проверить фазы генератора опорных напряжений. Для этого необходимо установить радиозонд на расстоянии не менее 100 м и на высоте не ниже 5 м. Включить станцию в режиме «Радиозонд», тумблер «АРУ—РРУ» блока МТ-32 поставить в положение «АРУ», включить ГОН, навести антенну на радиозонд, при этом ошибка пеленга по приборам блока МТ-75 должна равняться нулю. Отвести штурвалом ручного управления антенну от направления радиозонда по азимуту на $0-10 \div \div 0-15$ ду, при этом стрелка прибора «Ошибка пеленга» по азимуту должна отклониться значительно больше, чем по углу места. Если это условие не соблюдается, необходимо произвести фазировку ГОНа поворотом статора ГОНа. Аналогичные операции нужно выполнить и по рассогласованию угла места. Окончательную фазировку произвести при автоматическом сопровождении радиозонда. Если при переходе в режим автосопровождения антенна отбрасывается от направления на радиозонд, то статор ГОНа нужно развернуть на 180° .

4. Отвести штурвалом ручного управления антенну по азимуту от направления радиозонда на $0-10$ ду в любую сторону, при этом прибор «Ошибка пеленга» должен показывать 50 мкА; в случае несоответствия произвести регулировку потенциометром «Масштаб». Аналогичную операцию выполнить и по углу места. Во всех случаях поворот антенны по азимуту или по углу места должен совпадать с направлением отклонения стрелки прибора «Ошибка пеленга», т. е. если штурвал вращаем по часовой стрелке, то стрелка прибора отклоняется от нуля вправо.

5. Выпустить радиозонд и перейти на автосопровождение по дальности и угловым координатам; система должна обеспечивать надежное сопровождение радиозонда. Перейти на ручное сопровождение по угловым координатам и отвести антенну от направления на радиозонд на $0-30 \div 0-40$ ду по азимуту и углу места. Далее перейти на автосопровождение радиозонда, нажав кнопку «Автомат»; станция должна надежно захватить радиозонд и сопровождать его.

Проверка и настройка следящих систем передачи данных. Проверка и настройка следящих систем угла места, азимута и дальности аналогичны и заключаются в следующем.

1. Включить напряжение возбуждения двигателей блока МТ-62 и дать выдержку отработки систем. Если индексы шкал будут вращаться в одну сторону, система должна быть сбалансирована следующим образом:

— установить переключатель «Контроль балансов» на блоке МТ-61 в положение «1».

— остановить вращение индексов шкал блока МТ-62 вращением оси потенциометра «Баланс-1» на блоке МТ-61;

— установить потенциометром «Уровень тока МУ» напряжение 20—55 В между гнездом «Смещ. УПТ-2» и корпусом;

— произвести балансировку системы в положениях переключателя «Контроль балансов» «2» и «3» с помощью потенциометров «Баланс-2» и «Баланс-3»;

— установить переключатель «Контроль балансов» в положение «Работа».

2. Проверить работу суммирующих усилителей (СУД):

— блок МТ-63 выдвинуть из стойки главного пульта;

— вращая штурвалы управления по угловым координатам блока МТ-71 и дальности блока МТ-53 при выключенном напряжении возбуждения двигателей в блоке МТ-62, медленно отводить антенну или шкалу дальности от согласованного положения; следить за моментом загорания сигнальных неоновых ламп, которые установлены на шасси блока МТ-63. Лампы должны загораться в момент рассогласования по угловым координатам на $0.50 \div 0.70$ ду и по дальности на 1200—1800 м. При невыполнении этого условия отрегулировать момент загорания ламп, вращая ось потенциометра «Рег. перекл. груб.—точн.» соответствующего канала.

3. Проверить и настроить магнитные усилители:

— установить переключатель «Контроль балансов» блока МТ-61 в положение «1»;

— в блоке МТ-63 потенциометром «Смещ. МУ» установить напряжение 0,3—0,8 В между гнездами Г2 «Ток упр.» и Г1 «Средн. точка»; и между гнездами Г3 «Ток упр.» и Г1 «Средн. точка». Включить напряжение возбуждения двигателей в блоке МТ-62; плавно вращая ось потенциометра «Баланс-1» в обе стороны, добиться реверса двигателя. Реверс должен быть плавным. В противном случае необходимо установить напряжение смещения магнитных усилителей более 0,3 В, но не более 0,8 В. Установить переключатель «Контроль балансов» в положение «Работа»;

— отрегулировать величину обратной связи и усиления вращением осей потенциометров «Обр. связь» и «Усиление» блока МТ-61 соответствующего канала так, чтобы система была устойчивой и обрабатывала скачкообразный сигнал рассогласования при одном-двух колебаниях.

4. Проверка регистратора блока МТ-62 заключается в проверке протяжки бумажной ленты, красящей ленты, печати на бумажной ленте времени, угловых координат, дальности и метеоданных, которые должны соответствовать показаниям шкал и контрольных приборов блока МТ-62.

Проверка и регулировка блоков системы питания (МТ-82, МТ-84 и МТ-85) в условиях эксплуатации периодически выпол-

няются штатом аэрологической станции при проверке и настройке систем, устранении неисправностей и замене ламп.

Регулировка производится с помощью потенциометров, оси которых выведены на шасси блоков питания. Все измерения в системе питания производятся с помощью авометра АВО-5.

3.4.15. Профилактические мероприятия

Техническое состояние станции зависит от правильной эксплуатации и своевременной профилактики.

Профилактические работы включают осмотр, проверку и настройку станции. Все профилактические работы подразделяются на ежедневные, еженедельные, ежемесячные и ежегодные.

Ежедневные, еженедельные и ежемесячные профилактические мероприятия проводятся штатом аэрологической станции, ежегодные — под руководством представителей отделов техники местных УГМС.

К ежедневным профилактическим мероприятиям относятся:

1) внешний осмотр аппаратуры всей станции с удалением пыли сухой чистой тряпкой с поверхностей стоек, блоков и узлов;

2) проверка горизонтирования станции;

3) проверка работоспособности систем станции и всей станции в целом;

4) проверка исправности вентиляторов приводных двигателей азимута и угла места по наличию потока воздуха из отверстий вентиляционных отсеков антенной колонки;

5) проверка работы всех вентиляторов.

К еженедельным профилактическим мероприятиям относятся:

1) проверка состояния контактов и надежности соединения силовых кабельных букс;

2) проверка исправности полистиролового колпака антенной головки МТ-26;

3) внешний осмотр всех измерительных приборов, входящих комплект станции;

4) удаление пыли с наружных частей блоков станции. Тщательно протереть чистой тряпкой, смоченной спиртом, высоковольтные изоляторы и детали, находящиеся во время работы под высоким напряжением;

5) проверка надежности крепления всех штепсельных разъемов;

6) проверка состояния всех реле и конденсаторов;

7) проверка срабатывания реле времени в блоках МТ-04, МТ-18, МТ-62, МТ-84; при необходимости произвести регулировку;

8) очистка от бумажной пыли механизмов блока МТ-62, после этого протереть сухой тряпкой и, где необходимо, произвести смазку.

К ежемесячным профилактическим мероприятиям относятся:

- 1) смазка всех механизмов станции;
- 2) внешний осмотр и чистка всех блоков станции с поочередным выдвижением их из стойки главного пульта и передатчика;
- 3) проверка надежности соединений всех кабельных разъемов блоков станции;
- 4) осмотр и чистка контактных колец сельсинов и токосъемника;
- 5) проверка уровня масла в редукторе азимута антенной колонки;
- 6) проверка уровня трансформаторного масла в высоковольтном выпрямителе И-13;
- 7) проверка надежности всех блокировок станции;
- 8) проверка горизонтирования и ориентирования станции;
- 9) проверка состояния и комплектности ЗИПа;
- 10) проверка работоспособности станции и регулировка систем станции в соответствии с п. 3.4.12.

К ежегодным профилактическим мероприятиям относятся:

- 1) переборка ходовой части и проверка гидравлической системы (для станции «Метеор»);
- 2) разборка и чистка всех элементов антенно-фидерной системы;
- 3) чистка контактов реле, магнитных пускателей, профилактический осмотр и разборка отдельных узлов станции, замена радиоэлементов;
- 4) смазка механизмов всей станции;
- 5) проверка и настройка систем станции в соответствии с разделом 3.4.14 и технической документацией, придаваемой к станции.

3.4.16. Ремонтные работы

Радиолокационные метеорологические станции «Метеор» и «Метеорит» являются современными радиотехническими устройствами, которые содержат несколько десятков тысяч радиоэлементов и других приборов. Станции рассчитаны для работы на период не менее десяти лет и весь эксплуатационный период должны удовлетворять основным параметрам технических условий и сохранять точностные характеристики.

Ремонтные работы на станции можно разделить следующим образом: профилактический ремонт, текущий, средний, капитальный и аварийный. Профилактический, текущий и аварийный ремонт должен проводиться штатом станции с приглашением специалистов местных УГМС, если в этом есть необходимость. Сред-

ний и капитальный ремонт с заменой отдельных блоков и систем должен выполняться специальными мастерскими или заводом-изготовителем.

Для устранения причин и установления места возникновения неисправностей, а также для обнаружения неисправного элемента рекомендуется использовать метод внешнего осмотра, метод измерений, методы исключения и замены. Но при любых методах нахождения неисправностей и любых видах ремонта категорически запрещается производить какие-либо случайные изменения, не предусмотренные технической документацией.

Метод внешнего осмотра может быть использован при отыскании причин неисправностей в АФС, штепсельных и фидерных разъемах, при проверке блоков и элементов перед измерениями в них.

Метод измерений целесообразно применять после внешнего осмотра, если неисправность не обнаружена. При измерениях необходимо уметь пользоваться приборами и хорошо знать принципиальные схемы и принцип работы станции в целом.

Метод исключения состоит в последовательном исключении блоков или элементов, в которых предполагается неисправность. При этом методе сужается область, в которой имеется неисправность. Пользуясь этим методом, можно обнаружить, при исключении какого элемента неисправность исчезает.

Метод замены заключается в поочередной замене отдельных элементов, узлов и блоков. Этот метод рекомендуется, когда необходим срочный ремонт.

3.4.17. Правила техники безопасности

При работе на радиолокационной станции «Метеор» или «Метеорит» необходимо помнить, что станция питается трехфазным напряжением 220 В, частотой 400 Гц и почти все блоки станции имеют высокие электрические напряжения, опасные для жизни. Поэтому при работе с аппаратурой необходимо строго выполнять следующие правила техники безопасности.

1. Независимо от типа станции аппаратура должна быть заземлена до подачи напряжения питания.

2. Категорически запрещается включать аппаратуру при снятых обшивках стоек и выдвинутых блоках главного пульта и передатчика.

3. Все операторы станции, а также лица, занимающиеся ремонтом аппаратуры, должны хорошо знать систему электропитания станции для быстрого и полного выключения питания при несчастном случае и должны уметь оказать первую помощь при поражении электрическим током.

Таблица 3.4.1

Основные неисправности РЛС «Метеорит» и способы их устранения

Признаки неисправности	Причины неисправности	Способы отыскания и устранения неисправности
1. Отсутствует напряжение на приборе «Клиновольты×0,1». Показания остальных приборов нормальные (блок МТ-18)	Пробит листок бумаги в искровом разряднике РИ	Заменить листок бумаги
2. Отсутствуют токи выпрямителей «+2000 В», «+1400 В» (блок МТ-18)	а) Нет импульса запуска б) Вышла из строя лампа Л1 в блоке МТ-12	а) Проверить цепь запуска б) Заменить лампу
3. Стрелка прибора «Ток магнетрона» непрерывно колеблется (блок МТ-18)	а) Неисправен магнетрон б) Пробой в фидере АФС	а) Заменить магнетрон б) Проверить фидеры АФС
4. При повороте антенны по азимуту или углу места ток магнетрона резко колеблется. Блоки работают нормально	Засорение азимутального или угло-местного вращающихся соединений	Снять и разобрать соответствующее соединение. Почистить и промыть синротом
5. Нет сигнала радиозонда, ток кристалла занижен	Сгорел кристалл в смесителе	Заменить кристалл
6. Сигналы на выходе канала дальности малы, а ток кристаллического детектора велик (блок МТ-31)	Неисправен разрядник	Заменить разрядник

7. Не работают автоматическая и ручная регулировки усиления (блок МТ-32)	Неисправна лампа Л22 блока МТ-32	Заменить лампу
8. Импульс счета не равен 1 с. ПерIOD импульсов на гнезде «40 Гц» не равен 25 000 мкс. Период импульсов на гнезде «Запуск» равен 200 мкс	Не работает диод Л16 в блоке МТ-43	Заменить лампу
9. Непрерывный счет импульсов приорами блока МТ-62	Неисправны каскады формирования импульса «Время счета» в блоке МТ-43	Устранить неисправность
10. Отсутствуют калибровочная синусоида и напряжение на гнезде Г1 (блок МТ-51)	Вышел из строя кварц	Заменить кварц
11. На 2-м развертке отсутствует электрический выстрел. Отсутствует импульс на гнезде Г3 (блок МТ-51)	Неисправна одна из ламп генератора импульсов дальности Л11 или Л12 в блоке МТ-52	Заменить лампу
12. Двигатель, вращается с постоянной скоростью, потенциометром «Баланс МУ» не балансируется (блок МТ-52)	Неисправен диод типа Д7-Г в магнитном усилителе блока МТ-52	Заменить диод
13. Не калибруется мост фазовращения (блок МТ-52)	Неисправны потенциометры R1, R2, R5 в блоке МТ-53	Заменить потенциометры
14. Нет отпечатков значений десятков и единиц метеоdанных (блок МТ-62)	Не замыкаются контакты десятков и единиц метеоdанных (КП1 или КП2) в блоке МТ-62	Отрегулировать контакты
15. Нет отпечатков показаний счетчиков угла места и азимута (блок МТ-62)	Не замыкаются контакты КЛ6 (блок рабочих импульсов) в блоке МТ-62	Отрегулировать контакты

Признаки неисправности	Причины неисправности	Способы отыскания и устранения неисправности
16. Счетчик времени не перебрасывается в положение «—» (блок МТ-62)	а) Неисправна лампа Л4 б) Не замыкаются контакты КЛ4 в блоке МТ-62	а) Заменить лампу б) Отрегулировать контакты
17. Счетчик времени не перебрасывается в положение «+» (блок МТ-62)	а) Неисправна лампа Л3 б) Не замыкается контакт КЛ3	а) Заменить лампу б) Отрегулировать контакты
18. При автоматическом сопровождении радиозонда антенна совершает круговые движения	Неточно сфазирован ГОН в блоке МТ-74	Сфазировать ГОН
19. При вращении штурвалов ручного управления антенна не управляется (блок МТ-71)	Неисправна лампа Л5 в блоке МТ-75	Заменить лампу
20. Антенна по углу места находится на верхнем или нижнем упоре, при этом сигнал ошибки не снимается	Неисправна лампа Л1 в блоке МТ-72	Заменить лампу
21. Нет напряжения 150 В между гнездами Г1 и Г2 в блоке МТ-82	Неисправна лампа Л1 в блоке МТ-82	Заменить лампу
22. Завышено или занижено напряжение +250 В между гнездами Г1 и Г3 в блоке МТ-84	Нет опорного напряжения —150 В	Устранить неисправность
23. При нажатии кнопки «Пуск. Двигатель угла места», «Генератор опорного напряжения», «Двигатель азимута» не включаются соответствующие контакты	а) Отсутствует напряжение 110 В с выпрямителя Д1 блока МТ-81 б) Разомкнуты блокировки в блоке МТ-74	а) Проверить цепь питания б) Проверить блокировки

24. Не поддерживается интервал времени печати 30 с (блок МТ-62)	в) Разомкнуты контакты тепловых реле $P1-P6$ в блоке МТ-81	в) Проверить тепловые реле
25. Неустойчивая развертка, темновой визир хаотично перемещается на индикаторе блока МТ-51	Нестабильно работает схема фантасона (блок МТ-51)	Настроить делителя блока МТ-44
26. Неустойчиво работают делители блока МТ-51	Нестабильно напряжение —150 В	Заменить в блоке МТ-51 конденсаторы $C37, C38$
27. В режиме «Относительный счет» при $F \geq 1140$ Гц происходит непрерывный набор частоты	Ненормально работает электронный счетчик импульсов (блок МТ-42)	Заменить лампу 6П3С в стабилизаторе выпрямителя —150 В (блок МТ-82)
28. В режиме «Относительный счет» не регистрируются метеоданные в блоке МТ-62	Неисправна система счета	Произвести замену радиолампы в четвертой декаде счетчика ($L30, L31, L45, L46$ блока МТ-42)
29. При увеличении высокого напряжения до 27 кВ ток магнетрона не превышает 5 мА (система МТ-10)	Не работает модулятор	Заменить в блоке МТ-43 резистор $R146$
30. В режиме «Контроль счета» частота 1000 Гц увеличивается примерно на 20 Гц за каждый цикл	Нестабильно работают делители в блоке МТ-51	Заменить лампу ГМИ-90
31. Не работает система управления антенной (по одному из каналов: по азимуту или углу места). Не устанавливается ток холостого хода магнитного усилителя	Неправильное распределение фаз на трансформатор Скотта с блока МТ-81	Заменить переходящую емкость $C11$ между вторым и третьим делителями блока МТ-51
		Перебросить фазы питающего напряжения на колодке П81-6/2, 3

4. При ремонте или настройке аппаратуры запрещается работать на станции одному человеку.

5. Категорически запрещается искусственно замыкать блокировочные контакты блоков МТ-11 и МТ-18.

6. При фазировке ГОНа, когда один человек находится около антенной колонки, необходимо быть особенно внимательными; в этой работе должно участвовать не менее трех человек.

7. Особенно осторожно производить осмотр в блоках МТ-44, МТ-51 и МТ-52, если они находятся под напряжением, так как в них имеются цепи под напряжением 2000 В.

8. При ремонте и настройке станции работать внутри блока разрешается только одной рукой.

9. Замену предохранителей в силовых цепях производить с помощью специальных щипцов, предварительно выключив напряжение в цепях.

10. Подключать штепсельные разъемы кабелей питания к системе питания радиолокационной станции только при выключенном напряжении (табл. 3.4.1).

Глава 3.5.

РАДИОЛОКАЦИОННАЯ
МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКАЯ СТАНЦИЯ
«МЕТЕОРИТ-2»

3.5.1. Основные сведения

Радиолокационная метеорологическая станция «Метеорит-2» так же, как и станции «Метеор» и «Метеорит», предназначена для зондирования атмосферы с помощью уголкового отражателя или радиозонда, но обладает рядом преимуществ. Станция устанавливается в отапливаемом помещении. Вне помещения находятся антенная колонка, антенна маломощного передатчика и пульт дистанционного управления антенной. Для антенной колонки разработана ветровая защита, выполненная в виде шарообразного обтекателя.

Питание на РЛС «Метеорит-2» можно подавать через преобразовательный агрегат типа ВПЛ-30 или от электростанции ЭСД-20-ВЛ/230/Ч-400.

Основные технические характеристики станции «Метеорит-2» следующие:

- 1) Диапазон частот 1772,5—1792,5 МГц.
2. Мощность в импульсе:
мощного передатчика . . . не менее 200 кВт
маломощного передат-
чика не менее 1 кВт
3. Частота повторения зондирую-
щих (запросных) импульсов . . 416 Гц
4. Длительность импульса (мощ-
ного передатчика) $1,5 \pm 0,3$ мкс
5. Диаметр параболоида 2,5 м
6. Ширина диаграммы направлен-
ности $5 \pm 1^\circ$
7. Чувствительность приемной си-
стемы $5 \cdot 10^{-14}$ Вт
8. Дальность автоматического со-
провождения радиозонда с ре-
гистрацией данных 250 км
9. Дальность автоматического со-
провождения стандартного угол-
кового отражателя со стороны
основания 500 мм 50 км
10. Пределы вращения параболиче-
ской антенны:
по азимуту неограниченно;

- по углу места. от -0.50 ± 0.15 ду до $+15.00 \pm 0.15$ ду
11. Срединные ошибки определения координат:
- по угловым координатам. 0-02 ду (7,2')
 - по дальности при сопровождении РЗ до 50 км. . . 20 м
 - по дальности при сопровождении РЗ до 150 км. 40 м
 - по дальности при сопровождении УО. 25 м
12. Точность регистрации данных:
- по угловым координатам. 0-01 ду (3,6')
 - по дальности. 10 м
 - по частоте. 1 Гц
13. Напряжение питания станции. 220 В
14. Потребляемая мощность. . . . 9 кВт

3.5.2. Состав станции и принцип работы

Основная радиотехническая аппаратура содержит следующие системы.

1. Передающая система МТМ-10:
 - стойка передатчика МТМ-10,
 - блок управления передатчиками МТМ-11,
 - маломощный передатчик МТМ-12.
2. Антенно-фидерная система МТМ-20:
 - азимутальное вращающееся сочленение МТМ-22,
 - угломестное вращающееся сочленение МТМ-23,
 - облучатель МТМ-26,
 - комплект соединительных фидеров,
 - тройник МТМ-20-1,
 - всенаправленная коаксиальная антенна МТМ-93.
3. Приемная система МТМ-30:
 - электронно-лучевой параметрический усилитель (ЭПУ) с полосовым фильтром и вентилятором (блок МТМ-35),
 - предварительный усилитель промежуточной частоты (блок МТМ-31),
 - главный усилитель промежуточной частоты (блок МТМ-32),

- блок формирования считываемых импульсов МТМ-33,
- генератор накачки ЭПУ МТМ-34.
- 4. Система счета МТМ-40:
 - счетчик единиц и десятков МТМ-41,
 - счетчик сотен и тысяч МТМ-42,
 - блок эталонных импульсов МТМ-43,
 - электронный индикатор счета импульсов МТМ-44.
- 5. Система измерения дальности МТМ-50:
 - блок дальности МТМ-51,
 - блок автосопровождения по дальности МТМ-52,
 - блок управления по дальности МТМ-53.
- 6. Система передачи и регистрации данных МТМ-60:
 - блок сервоусилителей МТМ-61,
 - регистратор МТМ-62,
 - блок магнитных усилителей МТМ-63.
- 7. Система управления антенной МТМ-70:
 - блок управления антенной МТМ-71,
 - блок фазочувствительных выпрямителей и усилителей МТМ-72,
 - блок магнитных усилителей МТМ-73,
 - антенная колонка МТМ-74,
 - блок автосопровождения по угловым координатам МТМ-75,
 - пульт дистанционного управления МТМ-76.
- 8. Система электропитания станции МТМ-80:
 - шкаф управления питанием станции МТМ-81,
 - выпрямитель опорных напряжений МТМ-82,
 - блок питания системы счета и приемной системы МТМ-84,
 - блок питания систем регистрации, дальности и управления антенной МТМ-85,
 - панель управления питанием МТМ-04,
 - блок питания генератора накачки МТМ-87,
 - блок питания электродов ЭПУ МТМ-88,
 - блок питания соленоида ЭПУ МТМ-89.
- 9. Контрольно-измерительная аппаратура:
 - контрольный резонатор МТ-92,
 - импульсный синхроскоп С1-5,
 - ампервольтметр АВО-5М1,
 - мегомметр типа М-1101М,
 - ламповый вольтметр типа ВК7-9.
- 10. Вспомогательная аппаратура:
 - преобразовательный агрегат типа ВПЛ-30,
 - электростанция питания ЭСД-20-ВЛ/230/Ч-400,
 - комплект силовых кабелей, механических деталей и крепеж, согласно ведомости комплектации,
 - аппарат телефонный типа ТА-57 (2 шт),

- огнетушитель типа ОУ-2,
- часы авиационные типа АВР-М (установлены в стойке МТМ-02),
- запасной инструмент и принадлежности (ЗИП) разового пользования.

11. Техническая документация содержит: техническое описание, формуляр, альбом рисунков, папки с принципиальными схемами, паспорта и описания на вспомогательную и контрольно-измерительную аппаратуру и инструкцию по эксплуатации.

Так же как и станция «Метеорит», РЛС «Метеорит-2» имеет два режима работы: «Угловой отражатель» и «Радиозонд».

Рассмотрим принцип работы станции «Метеорит-2» по упрощенной блок-схеме (рис. 3.5.1). В режиме «Угловой отражатель» система дальности МТМ-50 подает пусковые импульсы на передающую систему МТМ-10. Мощный передатчик генерирует СВЧ колебания и по АФС МТМ-20 передает их на антенну.

Приемная система МТМ-30 усиливает и преобразует сигналы углового отражателя (УО) до величины, обеспечивающей нормальную работу канала угловой автоматики углового отражателя (КУА УО) и канала дальности. Сигналы ошибки угловых координат по цепи «Сигнал УО» поступают в систему управления антенной МТМ-70. По цепи «Сигнал» видеоимпульсы подаются в систему дальности МТМ-50 для визуального наблюдения на экране индикатора и для автоматического сопровождения по дальности.

Усилитель промежуточной частоты приемной системы МТМ-30 стробируется импульсами ультразвукового stroba (УУС), позволяя выделить полезный сигнал. Схема автоматической регулировки усиления (АРУ) приемной системы поддерживает постоянный уровень выходного сигнала, когда возникает большое изменение его на входе. Для удобства поиска цели и достаточной разрешающей способности индикатор дальности имеет два масштаба разверток: 30-км и 2-км. Задержка начала развертки плавно меняется от 0 до 300 км и дает возможность непрерывно сопровождать цель на всем диапазоне дальности. В центре 30-км развертки находится 2-км развертка в виде «пьедестала», на которой расположены два темновых участка — электрические визиры, положение которых с большой точностью определяется высокостабильным кварцевым генератором.

Оператор в режиме ручного управления по дальности помещает видеосигнал УО в электрические визиры и переводит систему дальности в режим автоматического сопровождения.

Система регистрации МТМ-60 получает текущее значение дальности по цепи следящей системы. Исполнительный двигатель регистратора отрабатывает величину сигнала ошибки и по кинематической цепи передает на наборный механизм дальности.

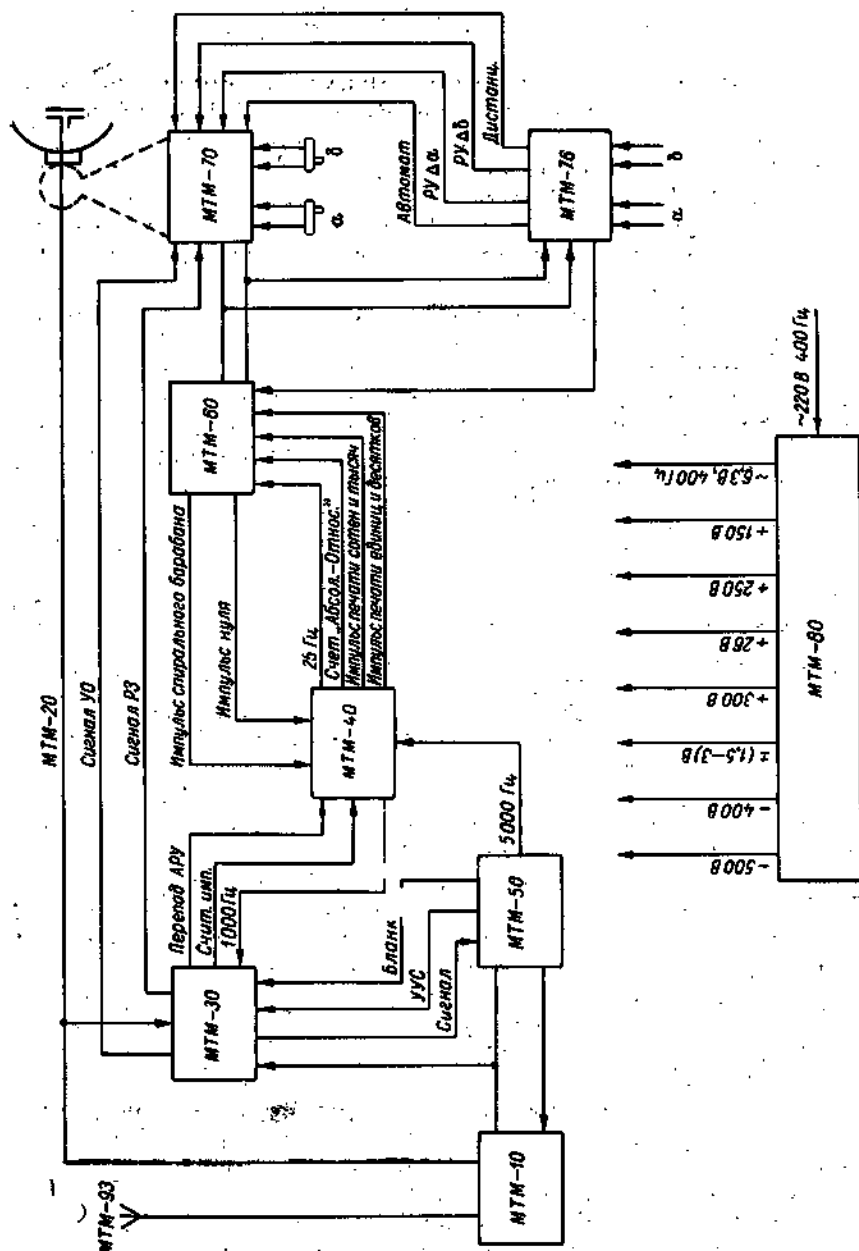


Рис. 3.5.1. Упрощенная блок-схема станции «Ме-теорит-2».

По команде системы счета МТМ-40 значение дальности печатается на бумажной ленте.

В момент выпуска уголкового отражателя второй оператор с пульта дистанционного управления антенной МТМ-76 берет на себя управление антенной по цепи «Дистанционное» и создает напряжения рассогласования по углу места и по азимуту. Система управления антенной МТМ-70 отрабатывает напряжения рассогласования. Захватив УО в поле оптического визира пульта дистанционного управления, второй оператор по цепи «Автомат» переводит систему управления антенной МТМ-70 в режим автоматического сопровождения по угловым координатам.

Пеленгование по угловым координатам осуществляется методом равносигнальной зоны. При работе станции в режиме ручного управления антенной (РУ $\Delta\alpha$, РУ $\Delta\delta$) первый оператор создает напряжения рассогласования сельсинами-трансформаторами, кинематически связанными со штурвалами по углу места (δ) и по азимуту (α). В антенной колонке расположены сельсины-датчики угловых координат, текущее значение которых отрабатывают исполнительные двигатели регистратора.

В режиме «Радиозонд» второй оператор с помощью пульта дистанционного управления МТМ-76 наводит антенну станции на радиозонд и переводит систему управления антенной МТМ-70 в режим автоматического сопровождения. Первый оператор помещает ответный сигнал радиозонда в электрические визиры и переводит систему дальности в режим автоматического сопровождения. В ближней зоне, до 2 км по дальности, работает маломощный передатчик, запуск которого осуществляет система дальности МТМ-50. Вся энергия СВЧ маломощного передатчика прикладывается к штыревой передающей антенне МТМ-93. Прием сигналов радиозонда осуществляет основная антенна. После достижения радиозондом дальности более 2 км система дальности МТМ-50 включает мощный передатчик станции. Текущие значения дальности и угловых координат фиксирует регистратор. По цепи «Бланк» на время излучения СВЧ маломощного передатчика ПУПЧ приемной системы МТМ-30 бланкируется (запирается). Одновременно канал угловой автоматики радиозонда (КУА РЗ) бланкируется импульсами длительностью 100—200 мкс, предотвращая сбой при автоматическом сопровождении и срабатывание схемы АРУ за счет зондирующих импульсов передатчика и мощных отраженных сигналов.

По цепи «Сигнал РЗ» приемная система МТМ-30 подает напряжение сигнала ошибки по угловым координатам в систему МТМ-70. Система управления антенной из полученного сигнала выделяет управляющее напряжение, которое подается на испол-

нительные двигатели. Двигатели отрабатывают величину сигнала ошибки до пеленгового направления антенны.

По цепи «Считываемые импульсы» в систему счета МТМ-40 поступает телеметрическая информация от радиозонда. Электронные счетчики подсчитывают количество импульсов метеоинформации. Время счета задает первый оператор с регистратора в режиме абсолютного или относительного счета. В свою очередь приемная система управляет работой системы счета, подавая по цепи «Перепад АРУ» напряжение перепада, когда отношение напряжений сигнала к шуму меньше или равно 3. На время действия напряжения перепада подсчет частоты метеоданных прекращается. При возрастании сигнала напряжение перепада снимается и система счета МТМ-40 «досчитывает» частоту метеоданных за оставшийся период времени.

Подсчитанная величина частоты «запоминается» электронными счетчиками, и если в новом цикле она «подтверждается», то система счета подает на регистратор импульс печати.

Значения тысяч и сотен метеоданных на бумажной ленте фиксируется один раз, и, если в их информации нет изменения, то печатаются только значения единиц и десятков. Система дальности по цепи 5000 Гц подает импульсы на систему счета для последовательного деления. Система счета вырабатывает напряжение с частотой 25 Гц, которое поступает на питание двигателя коммутатора регистратора.

Система регистрации МТМ-60 по цепям «Импульсы спирального барабана» и «Импульсы нуля» синхронизирует работу системы счета.

Система питания МТМ-80 обеспечивает всю станцию необходимыми напряжениями. С преобразователя типа ВПЛ-30 или генератора электростанции ЭСД-20-ВЛ/230/Ч-400 подается трехфазное напряжение 220 В, 400 Гц на шкаф управления питанием, с которого осуществляется коммутация на главный пульт МТМ-02, стойку передатчика МТМ-10, стойку питания ЭПУ МТМ-03. Напряжения блока МТМ-80 —500, —400, +300, +250, +150 и $\pm(1,5-3)$ В должны быть стабилизированы.

3.5.3. Передающая система МТМ-10

Общий вид стойки передатчика МТМ-10 и размещение блоков показаны на рис. 3.5.2 и 3.5.3.

Передающая система МТМ-10 состоит из двух импульсных СВЧ передатчиков: маломощного МТМ-12 и мощного. В режиме станции «Радиозонд» подготовлены к работе оба передатчика, но генерирует только маломощный передатчик.

При дальности радиозонда 1—2 км импульсы запуска с помощью кулачкового механизма блока МТМ-53 и реле блока

МТМ-51 переключаются на вход мощного передатчика. В блоке МТМ-12 отключается напряжение +2500 В, малоомощный пере-

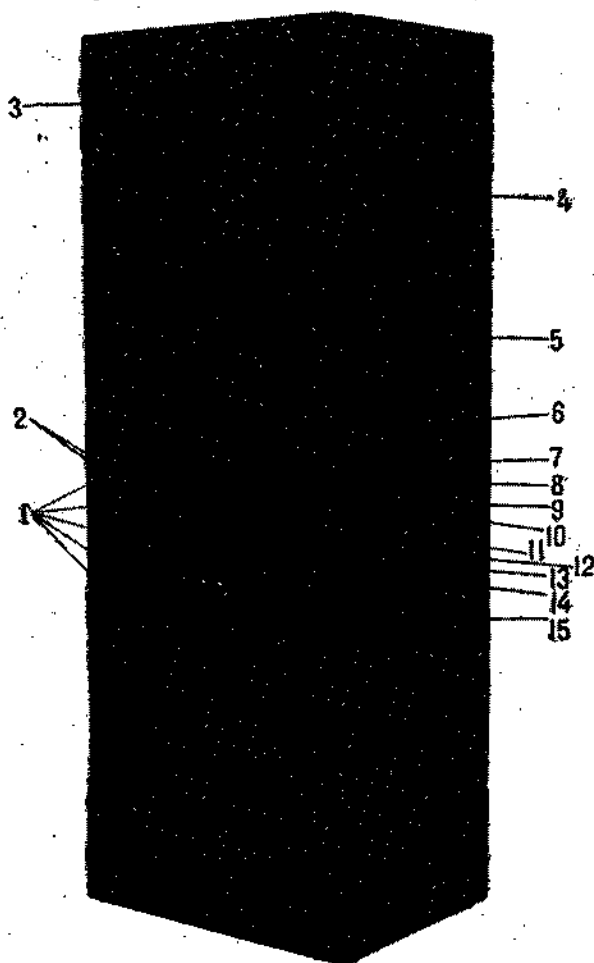


Рис. 3.5.2. Общий вид стойки передатчика МТМ-10.

1 — предохранители; 2, 7, 8, 9, 11, 12 — контрольные гнезда; 3 — блок МТМ-31 (ПУПЧ); 4 — блок МТМ-12; 5 — блок МТМ-11; 6 — шкаф мощного передатчика; 10 — регулятор частоты магнетрона; 13 — коаксиальный выход магнетрона; 14 — гнездо модулирующего импульса; 15 — регулятор напряженности поля.

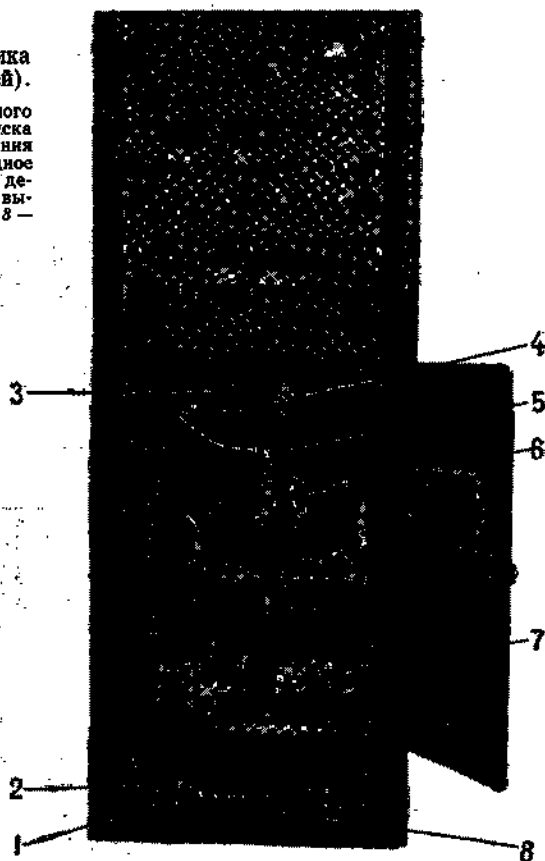
датчик прекращает работу и начинает работать мощный передатчик. В режиме станции «Угловый отражатель» работает только мощный передатчик.

Рассмотрим принцип работы мощного передатчика, функциональная схема которого приведена на рис. 3.5.4.

Блок дальности МТМ-51 вырабатывает пусковые импульсы длительностью 0,4 мкс и подает их на вход генератора импульсов поджига, собранного по схеме ждущего блокинг-генератора

Рис. 3.5.3. Вид передатчика МТМ-10 (с открытой дверцей).

1 — разъем запуска малоомощного передатчика, 2 — разъем запуска мощного передатчика, 3 — линия формирования $Y2$, 4 — зарядное сопротивление, 5 — емкостный делитель, 6 — тиратрон ($L1$), 7 — высоковольтный выпрямитель, 8 — клеммная плата.



на лампе типа ГМИ-6. С выхода генератора снимаются положительные импульсы длительностью 5—9 мкс и подаются на модулятор передатчика.

Импульсный модулятор выполнен по схеме с полным разрядом накопителя энергии и состоит из импульсного трансформатора $Tr4$, линии формирования $Y2$, разрядного дросселя $Dr1$ и тиратрона $L1$. В исходном состоянии тиратрон $L1$ (лампа типа ТГИ1-325/16) заперт, линия формирования $Y2$ заряжается от выпрямителя «+5 кВ» через дроссель $Dr1$. Пусковой импульс

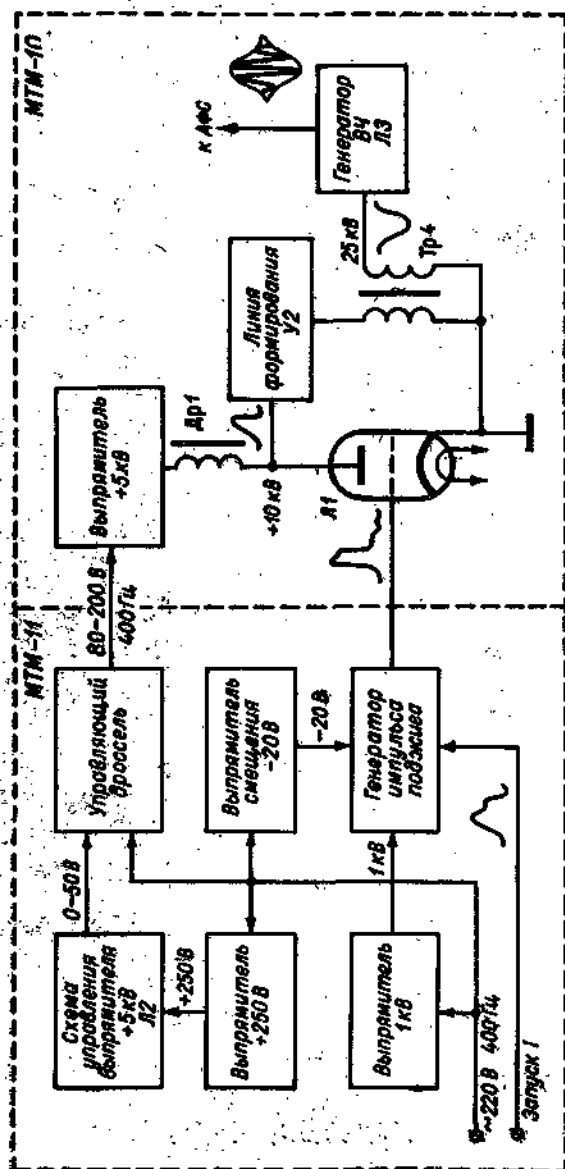


Рис. 3.5.4. Функциональная схема передатчика большой мощности.

отпирает тиратрон, его внутреннее сопротивление резко падает и линия формирования $\lambda/2$ разряжается через нервничную обмотку трансформатора $Tp4$ и тиратрон. Со вторичной обмотки трансформатора $Tp4$ снимается отрицательный импульс 25 кВ длительностью 1,5 мкс и поступает на магнетронный генератор $M3$. Магнетрон типа МН-137 за период действия модулирующего импульса генерирует энергию СВЧ ($P_{\text{нм}} = 200$ кВт, $\tau = 1,5$ мкс, $f_0 = 1782$ МГц), которая по коаксиальной линии поступает на антенну. Постоянная составляющая тока магнетрона контролируется прибором.

Для подавления паразитных колебаний, возникающих после окончания действия заднего фронта модулирующего импульса, схема содержит гасящий диод типа ВПЗ-70/32 (на схеме не показан).

Разрядный дроссель $Lp1$ устранил шунтирующее действие тиратрона на выпрямитель «+5 кВ».

Магнетрон нерезонирует в диапазоне частот 1772,5—1792,5 МГц рывком 10, а напряженность его поля можно менять магнитным шунтом, имеющим выход к ручке 14 (рис. 3.5.2).

Выпрямитель «+5 кВ» собран по мостовой схеме на кремниевых высоковольтных диодах. Величину выпрямленного напряжения можно менять в пределах 2—5 кВ (потенциометром «Ток генератора» на лицевой панели блока МТМ-11). В цепи «—5 кВ» установлено реле защиты, срабатывающее при нарушении.

Маломощный передатчик МТМ-12 (рис. 3.5.5, 3.5.6) генерирует импульсы, имеющие следующие данные: $P_{\text{нм}} = 1$ кВт, $\tau = 0,7$ мкс, $F = 416$ Гц, $f_0 = 1782$ МГц. В состав маломощного передатчика входят: импульсный модулятор, генератор высокой частоты, выпрямитель (+2500 В, +500 В, —150 В), цепи управления.

Рассмотрим принцип работы маломощного передатчика (рис. 3.5.7).

Импульс «Запуск-2» ($\tau = 0,4$ мкс, $U = 100$ В) поступает с блока дальности МТМ-51 на линию задержки $M3-1$, которая задерживает по времени зондирующий импульс относительно пускового. Получив необходимую величину задержки, пусковой импульс запускает блокнот-генератор $M1$, который формирует на выходе импульс положительной полярности ($\tau = 0,7$ мкс, $U = 460$ В) и подает его на вход усилителя $M2$, собранного по трансформаторной схеме. Усилитель заперт по управляющей сетке от источника —150 В. С выхода усилителя снимается положительный импульс ($\tau = 0,7$ мкс, $U = 2300$ В), который поступает на анод генератора ВЧ.

Генератор ВЧ собран на металлокеранической лампе типа ПН-21В в объеме коаксиального резонатора. С помощью элемента связи энергия СВЧ отбирается из анодно-сеточного

контура резонатора и через разъем «Выход ВЧ» подается в антенну (рис. 3.5.5).
 Контрольным резонатором МТ-92 можно измерить несущую частоту маломощного передатчика на разьеме «Контроль ВЧ». Выпрямитель «+2500 В» собран по схеме удвоения напряжения, питает анодные цепи ламп модулятора, имеет регулятор, гнездо контроля и реле защиты от перерывов.

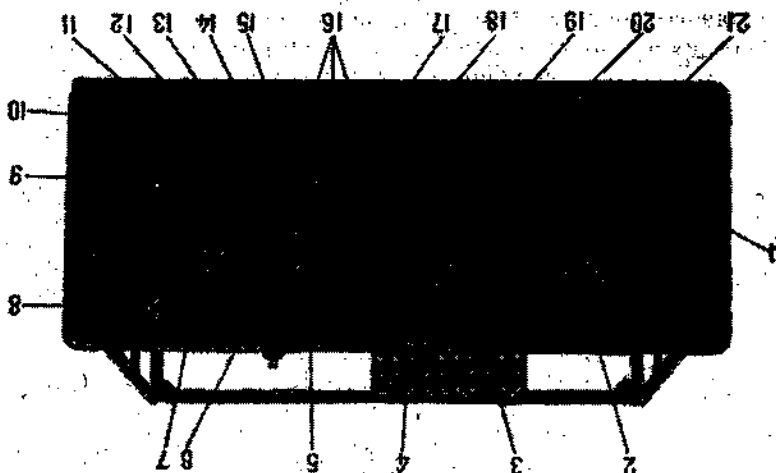


Рис. 3.5.5. Общий вид маломощного передатчика МТМ-12.

1, 3 — сетчатые лампы; 2, 4 — измерительные приборы; 5, 7 — ручки регулятора частоты; 6 — выход отдачи; ВЧ сигнал; 8 — выход передатчика; 9 — конт. роль высокой частоты; 10—18 — контрольные гнезда; 19 — предохранитель.

Выпрямитель «+500 В» собран по мостовой схеме, питает экранные сетки ламп модулятора, имеет регулятор, гнездо контроля, реле защиты.
 Выпрямитель «—150 В» собран по мостовой схеме, питает управляющие сетки ламп модулятора, имеет регулятор, гнездо контроля.
 Блок управления передатчиком МТМ-11 содержит генератор импульсов зажигания, выпрямитель, схему управления высоким напряжением (+5 кВ), цепи сигнализации, управления и блокировки.
 Функциональная схема блока управления передатчиком значительно рассмотрена раньше. Цепи управления содержат основные элементы передающей системы МТМ-10.
 Блокировки защищают обслуживающий персонал станции от поражения током. Они обеспечивают отключение опасных

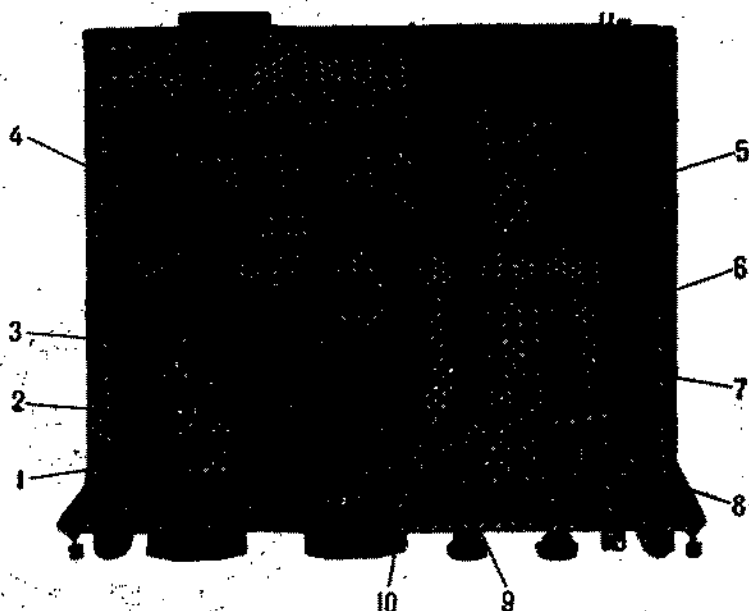


Рис. 3.5.6. Мало мощный передатчик МТМ-12 (вид сверху).

1—4 — регулировочные потенциометры; 5 — коаксиальный объемный резонатор; 6 — выход передатчика; 7 — выход «Контроль ВЧ»; 8, 9 — указатели положения настроечных поршней резонатора; 10 — детекторная секция.

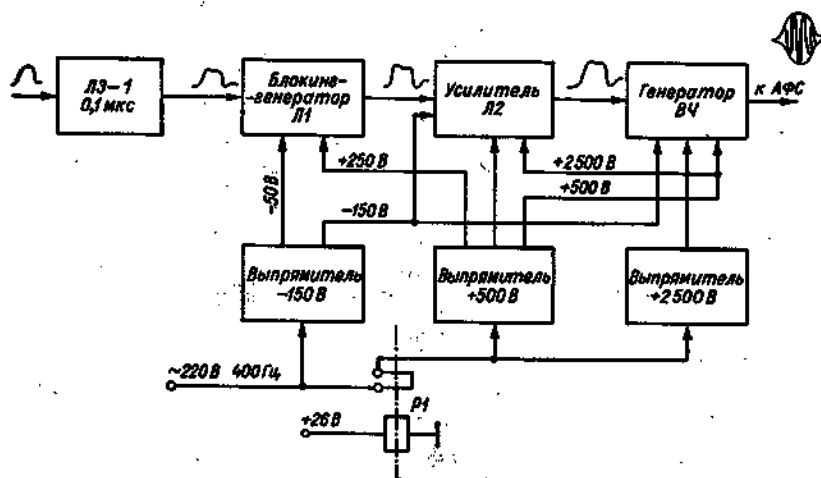


Рис. 3.5.7. Функциональная схема мало мощного передатчика МТМ-12.

напряжений, если открыта дверца передатчика, выдвинуты блоки МТМ-11 или МТМ-12 или открыта крышка лампы Л1.

3.5.4. Антенно-фидерная система МТМ-20

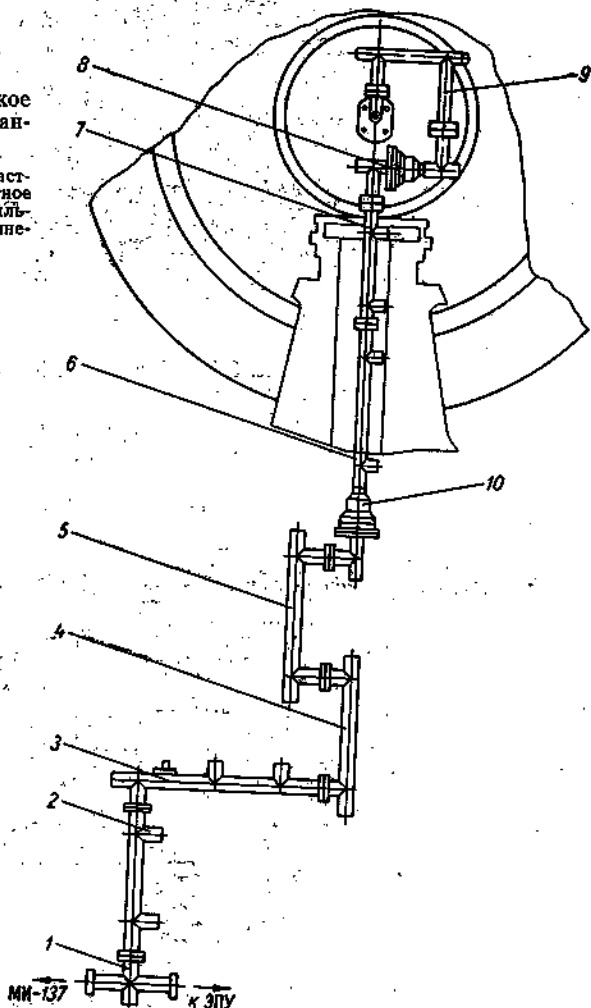
Антенно-фидерная система (АФС) состоит из основной антенно-фидерной системы станции и вспомогательной антенны МТМ-93 маломощного передатчика (рис. 3.5.8).

Основная АФС станции осуществляет:

— передачу СВЧ энергии от магнетрона к параболической

Рис. 3.5.8. Схематическое размещение АФС станции.

1 — тройник; 2—7, 9 — участки фидера; 8 — угловое соединение; 10 — азимутальное вращающееся соединение.



антенне в диапазоне частот 1770—1795 МГц при КБВ $\geq 0,55$ и в диапазоне частот 1745—1795 МГц при КБВ $\geq 0,7$;

— прием сигналов УО или РЗ в диапазоне частот 1745—1795 МГц при КБВ $\geq 0,7$;

— формирование диаграммы направленности по уровню половинной мощности шириной $5 \pm 1^\circ$ на частоте 1782 МГц с уровнем боковых лепестков не более 4% от максимальной мощности;

— коническое развертывание луча диаграммы направленности с частотой 24 Гц.

Антенно-фидерная система должна работать без пробоев и искрений при токе магнетрона 16 мА в диапазоне частот 1780—1785 МГц, а при токе магнетрона 12—14 мА в диапазоне частот 1770—1795 МГц.

Электронно-лучевой параметрический усилитель (ЭПУ) выполняет функции антенного переключателя, надежно защищая приемный тракт от мощных зондирующих импульсов передатчика СВЧ. Входной объемный резонатор выполнен таким образом, что при мощности СВЧ порядка 0,01 Вт и выше имеет место режим короткого замыкания электронного потока со стенками объемного резонатора. Плоскость короткого замыкания в ЭПУ подобрана так, что входное сопротивление линии со стороны передатчика (считая от средней линии тройника) делается близким к бесконечности, и поэтому вся энергия СВЧ поступает по фидерному тракту к полуволновому вибратору высокочастотной головки, отражается в сторону параболоида контррефлектором и попадает на поверхность параболического отражателя, формирующего диаграмму направленности.

Во время приема слабых сигналов от радиозонда или углового отражателя параболический отражатель (диаметр 2500 мм и фокусное расстояние 750 мм) фокусирует энергию СВЧ в полости высокочастотной головки. Далее энергия СВЧ по фидерному тракту поступает на вход ЭПУ, так как во время приема входное сопротивление плеча тройника в сторону передатчика близко к бесконечности.

Конструкция антенны МТМ-93 маломощного передатчика аналогична антенне радиозондов типа РКЗ и имеет такую же диаграмму направленности (тороид).

Конструкция АФС станции «Метеорит-2» (см. рис. 3.5.8) почти ничем не отличается от АФС станции «Метеорит».

3.5.5. Приемная система МТМ-30

Приемная система предназначена для усиления и преобразования принятых антенной сигналов до величин, обеспечивающих нормальное функционирование системы измерения дальности, системы управления антенной и системы счета.

Приемная система МТМ-30 содержит: предварительный усилитель промежуточной частоты (ПУПЧ) — блок МТМ-31, главный усилитель промежуточной частоты (УПЧ) — блок МТМ-32,



Рис. 3.5.9. Размещение блоков в главном пульте МТМ-02.

1 — блок магнитных усилителей МТМ-73; 2 — выпрямитель опорных напряжений МТМ-82; 3 — блок питания систем регистрации, дальности и управления антенной МТМ-85; 4 — блок питания системы счета и приемной системы МТМ-84; 5 — регистратор МТМ-62; 6 — блок эталонных импульсов МТМ-43; 7 — панель управления питанием МТМ-04; 8 — электронный индикатор счета импульсов МТМ-44; 9 — счетчик единиц и десятков МТМ-41; 10 — счетчик сотен и тысяч МТМ-42; 11 — блок формирования считываемых импульсов МТМ-33; 12 — блок фазочувствительных выпрямителей и усилителей МТМ-72; 13 — блок сервоусилителей МТМ-61; 14 — блок магнитных усилителей МТМ-63; 15 — блок автосопровождения по дальности МТМ-62; 16 — блок дальности МТМ-61; 17 — главный усилитель промежуточной частоты МТМ-32; 18 — блок автосопровождения по угловым координатам МТМ-75; 19 — блок управления по дальности МТМ-53; 20 — блок управления антенной МТМ-71; 21 — панель с предохранителями.

блок формирования считывающих импульсов МТМ-33, генератор накачки ЭПУ — блок МТМ-34, блок ЭПУ МТМ-35.

В стойке главного пульта МТМ-02 (рис. 3.5.9) расположены блок МТМ-32 (17), блок МТМ-33 (11). В стойке передатчика МТМ-10 (см. рис. 3.5.2) находится блок МТМ-31 (3).

Рассмотрим принцип работы приемной системы МТМ-30 в режиме «Угловой отражатель» (рис. 3.5.10, вкладка). Мощ-

ный передатчик генерирует энергию СВЧ ($P_{\text{имп}}=200$ кВт, $f_0=1782$ МГц, $F_1=416$ Гц, $\tau=1,5$ мкс) и передает ее по АФС в параболическую антенну. Антенна формирует узкую диаграмму направленности, которая сканирует с частотой $F_2=24$ Гц и в направлении пеленга облучает уголкового отражатель. В свою очередь уголкового отражатель создает отраженные сигналы ($f_0=1782$ МГц, $F_1=416$ Гц, $\tau=1,5$ мкс, $F_2=24$ Гц), которые принимаются антенной и по АФС поступают на вход ЭПУ блока МТМ-35. При работе станции в режиме передачи ЭПУ выполняет роль разрядника, надежно защищая приемный тракт от перегрузки, а при работе станции в режиме приема он работает как маломощный усилитель СВЧ. Генератор накачки У1, собранный на клистроне типа К-92Б, вырабатывает колебания СВЧ с частотой накачки 3564 МГц, которые через переменный аттенюатор У2 подаются к ЭПУ. Часть энергии СВЧ снимается с аттенюатора У2, детектируется и подается для контроля на измерительный прибор ИП1. С выхода ЭПУ усиленные СВЧ сигналы уголкового отражателя по высокочастотному кабелю поступают на полосовой фильтр У3 (1 на рис. 3.5.10), конструктивно выполненный на базе разрядной камеры РЛС «Метеор». В нем установлен разрядник РР-7.

С полосового фильтра СВЧ сигналы поступают по высокочастотному кабелю в блок МТМ-31 на вход смесителя, представляющего собой отрезок коаксиальной линии, нагруженной на детектор типа ДКС-7М. К смесителю подводится напряжение от гетеродина Л2 с частотой 1812 МГц. Гетеродин Л9 собран на клистроне К-41 с внешним резонатором и имеет ручку перестройки по частоте, механически связанную с плунжером.

С помощью потенциометра Р1 устанавливается рабочая точка смесителя ДКС-7М и контролируется прибором ИП2 в блоке МТМ-31. Из комбинации двух частот (1782 и 1812 МГц) смеситель выделяет промежуточную частоту 30 МГц. По высокочастотному кабелю напряжение промежуточной частоты подается через входной контур на первый каскад ПУПЧ (Л1, Л2), собранный по схеме «заземленный катод—заземленная сетка». Такая схема стабильна в работе, имеет большое усиление и низкий уровень собственных шумов. Сигналы с промежуточной частотой 30 МГц последовательно усиливаются каскадами ПУПЧ Л3, Л4, Л5. Последний каскад ПУПЧ Л5 содержит колебательный контур, в емкость которого входит погонная емкость коаксиального кабеля, соединяющего выход ПУПЧ блока МТМ-31 со входом главного усилителя УПЧ блока МТМ-32.

Главный усилитель промежуточной частоты МТМ-32 состоит из канала дальности, канала угловой автоматики, схемы АРУ, схемы АПЧ, схем генератора и усилителя бланкирующего импульса.

Каскады УПЧ выполнены по схеме резонансных усилителей с одиночно настроенными контурами и параллельным питанием.

В УПЧ (*Л6*) происходит дальнейшее усиление сигнала с частотой 30 МГц и разделение по цепям: канал дальности (КД) и канал угловой автоматики (КУА).

Канал дальности состоит из двух каскадов УПЧ (*Л7*, *Л8*), детектора *Д1*, двухкаскадного видеоусилителя (*Л9*, *Л10*) и катодного повторителя *Л11*. В канале дальности предусмотрена регулировка коэффициента усиления потенциометром *R50* «Усиление КД». Диодный детектор *Д1* выделяет видеосигнал отрицательной полярности (416 Гц, 1,5 мкс), который видеоусилитель *Л9* ограничивает сверху, т. е. «срезает» сигнал ошибки с частотой 24 Гц и через видеоусилитель *Л10* и разъем *Ш5* подает в блок МТМ-51 для визуального наблюдения за целью на экране индикатора. Импульсы положительной полярности с амплитудой 30 В снимаются с катодного повторителя *Л11* и через высокочастотный разъем *Ш6* подаются в канал автосопровождения по дальности (блок МТМ-52). Величину тока детектора *Д1* можно контролировать прибором ИПЗ в положении переключателя *В1* «Ток детектора».

Канал угловой автоматики состоит из двухкаскадного УПЧ (*Л12*, *Л13*), канала угловой автоматики уголкового отражателя (КУА УО) и канала угловой автоматики радиозонда (КУА РЗ). Разделение сигнала с частотой 30 МГц по каналам угловой автоматики происходит в каскаде УПЧ *Л13*, который в режиме «Уголкового отражатель» нормально закрыт по экранной сетке напряжением —10 В, снимаемым с делителя напряжения. С блока автосопровождения по дальности МТМ-52 через разъем *Ш2* подаются импульсы УУС положительной полярности с амплитудой 120 В, длительностью 0,3 мкс, открывающие каскад УПЧ *Л13*. Для контроля работоспособности КУА в режиме «Уголкового отражатель» через тумблер *В3* можно подать постоянное положительное напряжение на экранную сетку *Л13* и открыть каскад.

Каскад УПЧ *Л12* коммутируется с помощью реле *P2*, которое подключает цепи делителей напряжения, определяющие смещение по катодной цепи. В режиме «Уголкового отражатель» смещение на катод *Л12* снимается с потенциометра *R67* «Усиление КУА УО», а в режиме «Радиозонд» — с потенциометра *R68* «Усиление АРУ РЗ».

Канал угловой автоматики уголкового отражателя состоит из детектора *Д2*, видеоусилителей (*Л14*, *Л15*) и схемы общей АРУ *Л16*.

С выхода УПЧ *Л13* сигнал с частотой 30 МГц поступает на детектор *Д2*, который выделяет импульсы отрицательной полярности ($F_1=416$ Гц, $F_2=24$ Гц, $\tau=1,5$ мкс). Видеоусилитель (*Л14*,

Л15), собранный по реостатной схеме, усиливает видеосигнал и через разъем *Ш9* подает в блок автосопровождения по угловым координатам МТМ-75.

Коэффициент усиления приемной системы МТМ-30 регулируется за счет отрицательного напряжения смещения, снимаемого с катодного повторителя *Л166* на управляющие сетки ламп ПУПЧ *Л3*, *Л4*, *Л5*. Подавать напряжение смещения можно с помощью ручной регулировки усиления (РРУ) потенциометром *R96* «Усиление» либо схемой общего АРУ. Тумблером *В4* «РРУ—АРУ» оператор выбирает вид регулировки усиления приемного тракта. Основное назначение схемы общей АРУ—устранение перегрузки приемного тракта при сильных сигналах от уголкового отражателя на входе приемника и поддержание постоянного уровня сигнала на его выходе. Схема АРУ состоит из полосового фильтра *У4*, детектора *Л16а* и катодного повторителя *Л166*.

В режиме «Уголкового отражатель» реле *P4* отключает полосовой фильтр и сигнал с видеоусилителя *Л15* подается через контакты реле на детектор *Л16а*. Анод детектора *Л16а* и управляющая сетка катодного повторителя *Л166* гальванически связаны между собой и имеют относительно корпуса небольшое отрицательное напряжение, снимаемое с делителя *R95*, *R96*. Режим катодного повторителя *Л166* подобран так, что при отсутствии сигнала на входе детектора напряжение на его катоде равно нулю. Предварительно установка нуля напряжения при отсутствии сигнала от уголкового отражателя производится потенциометром *R95* «Устан. нуля АРУ».

Катод детектора *Л16а* находится под положительным напряжением, снимаемым с сопротивления *R92* «Задержка АРУ», которое выбирается равным уровню шумов видеоусилителя *Л15*. Напряжение задержки запирает детектор *Л16а* и исключает появление выходного регулирующего напряжения на катодном повторителе *Л166* за счет шумов видеоусилителя. Когда сигнал с видеоусилителя *Л15* превышает напряжение задержки, детектор *Л16а* отпирается и заряжает конденсатор *С63*. Постоянная времени разряда конденсатора *С63* через сопротивления нагрузки детектора *R94*, *R95* имеет величину около 2,3 с. При такой постоянной времени схема АРУ в установившемся режиме не реагирует на длительность пауз видеосигнала и на сигнал ошибки с частотой 24 Гц, вызванный вращением диаграммы направленности. Для подавления частоты 24 Гц на выходе катодного повторителя включен двойной Т-образный фильтр.

Итак, при наличии сигнала на входе приемника, превышающего уровень шумов видеоусилителя *Л15*, напряжение с детектора *Л16а* подается к управляющей сетке катодного повторителя *Л166*, потенциал на его катоде падает ниже нуля

и в качестве напряжения смещения поступает на управляющие сетки ПУПЧ, вызывая уменьшение коэффициента усиления приемного тракта.

В режиме «РРУ» через тумблер *B4* потенциал сетки катодного повторителя *Л166* зависит от положения потенциометра *R96* «Усиление» и с его катода снимается регулирующее напряжение смещения. Этим напряжением оператор меняет коэффициент усиления ПУПЧ блока МТМ-31.

Рассмотрим принцип работы приемной системы МТМ-30 в режиме «Радиозонд» (см. рис. 3.5.10). Следует обратить внимание на то, что в этом режиме все реле *P1—P4* обесточены (принцип работы блоков МТМ-35, МТМ-31 описан выше), каскад УПЧ (*Л6*) блока МТМ-32 и канал дальности (*Л7, Л8, Д1, Л9, Л10, Л11*) практически функционируют, как в режиме «Угловый отражатель».

Передатчик радиозонда РКЗ-5 излучает на основной частоте 1782 МГц с модулирующей частотой 800 кГц и имеет дополнительную модуляцию в виде пауз в излучении СВЧ, несущих телеметрическую информацию о температуре и влажности атмосферы.

Сигналы СВЧ радиозонда РКЗ-5 с частотой 1782 МГц поступают по АФС на вход ЭПУ, усиливаются и через полосовой фильтр *У3* подаются на вход смесителя блока МТМ-31. К смесителю подводится частота гетеродина 1812 МГц, и из комбинации двух частот выделяется промежуточная частота 30 МГц. В ПУПЧ происходит предварительное усиление сигнала с последующей передачей в УПЧ блока МТМ-32.

Для устранения перегрузки приемного тракта на время действия зондирующих импульсов маломощного передатчика каскады ПУПЧ *Л4, Л5* запираются положительными бланкирующими импульсами блока МТМ-31. Помимо устранения перегрузки приемного тракта, с помощью бланкирующих импульсов удалось уменьшить время восстановления приемника и получить минимальную дальность РЛС. Генератор бланка собран на лампах *Л12, Л13*. Импульс запуска маломощного передатчика с блока МТМ-51 через разъем *Ш6* поступает на вход блокинг-генератора *Л12*, собранного по схеме с параллельным запуском. Блокинг-генератор вырабатывает импульс положительной полярности, который через катодный повторитель *Л13* подается на катоды ПУПЧ (*Л4, Л5*), запирая каскады на время действия зондирующего импульса.

Рассмотрим некоторые отличия работы приемного тракта в режиме «Радиозонд». Видеосигнал содержит частоту 800 кГц и несинхронизированные паузы телеметрической информации длительностью 200—500 мкс. Оператор видит на экране индикатора на фоне 800 кГц ответный сигнал в виде паузы длительно-

стью примерно 1 мкс, так как ответный сигнал синхронизирован запросными импульсами станции «Метеорит-2». В режиме «Радиозонд» работает схема АПЧ гетеродина, которая поддерживает постоянно разности частот между несущей частотой радиозонда и частотой гетеродина с точностью $30 \pm 0,2$ МГц. Схема АПЧ работает только в режиме «Радиозонд», так как в режиме «Угловой отражатель» реле $P1$ отключает схему и независимо от положения переключателя $B2$ «АПЧ—РПЧ» напряжение на отражателе гетеродина $J9$ блока МТМ-31 можно менять с помощью делителя $R27$, $R28$, $R29$. Потенциометром $R29$ «Выбор зоны РПЧ» устанавливается зона генерации клистрона, а точную подстройку частот можно производить потенциометром $R27$ «Напряжение отражателя».

Регулирующее напряжение на отражатель клистрона подается с УПТ ($J5$) через контакты реле $P1$. Схема АПЧ состоит из УПЧ ($J1$), ограничителя ($J2$), дискриминатора ($J3$), УПТ ($J6$), индикаторной схемы блока МТМ-32. Сигнал с частотой 30 МГц поступает на УПЧ ($J1$). Необходимое усиление каскада выбирается потенциометром $R6$ «Усил. АПЧ». Ограничитель ($J2$) ограничивает сигнал, чтобы исключить влияние амплитудной модуляции на работу частотного детектора ($J3$). Частотный детектор ($J3$) выделяет из промежуточной частоты постоянное управляющее напряжение, величина и полярность которого изменяются пропорционально отклонению промежуточной частоты.

С выхода дискриминатора постоянное управляющее напряжение подается на индикаторную схему УПТ ($J4$) и на УПТ ($J5$). С УПТ ($J5$) управляющее напряжение через контакты реле $P1$ и тумблер $B2$ поступает на отражатель клистрона ($J9$) блока МТМ-31 и обеспечивает электронную подстройку частоты. Зона генерации клистрона К-41 осуществляется подбором режима УПТ ($J5$) по цепи экранной сетки потенциометром $R25$ «Выбор зоны АПЧ». Индикаторная схема может быть использована оператором для контроля частотной ошибки, так как с УПТ ($J4$) в положении тумблера $B1$ «АПЧ» постоянное напряжение подается на прибор ИПЗ, по которому можно судить о знаке и величине рассогласования. При отсутствии напряжения рассогласования прибор ИПЗ устанавливается на нуль потенциометром $R20$ «Нуль прибора».

Работа канала угловой автоматики в режиме «Радиозонд» имеет некоторые особенности:

а) реле $P2$ позволяет установить усиление каскада УПЧ ($J12$) с помощью потенциометра $R68$ «Усиление АРУ РЗ»;

б) каскад УПЧ ($J13$) запирается (бланкируется) по экранной сетке импульсами отрицательной полярности длительностью 100—200 мкс с амплитудой 130 В и частотой 416 Гц;

в) бланкирующий импульс (бланк) подается с блока МТМ-51 через разъем ШЗ с опережением зондирующего импульса передатчика на 15—25 мкс, и тем самым исключается мешающее действие зондирующего импульса при автоматическом сопровождении, а также устраняются помехи мощных отраженных сигналов от местных предметов;

г) в режиме «Радиозонд» канал угловой автоматики работает только на схему общей АРУ приемной системы;

д) схема общей АРУ получает управляющий сигнал с видеопередатчика (Л15) КУА УО через полосовой фильтр У4, настроенный на частоту 800 кГц и пропускающий частоты от 650 до 900 кГц. Фильтр имеет малое сопротивление для импульсных помех и надежно защищает схему АРУ от их воздействия.

С выхода каскада УПЧ (Л13) снимается полезный сигнал с амплитудой 0,1—0,12 В с частотой 30 МГц на детектор (ДЗ), который выделяет видеосигнал и через катодный повторитель (Л19) подает его в блок МТМ-33 (11 на рис. 3.5.7).

Блок МТМ-33 выполняет следующие функции:

- выделяет из видеосигнала вторую промежуточную частоту 465 кГц, имеет АПЧ и АРУ по частоте 465 кГц, передает полезный сигнал в систему управления антенной;

- вырабатывает напряжения перепада для управления системой счета;

- выделяет считываемые импульсы, формирует их по длительности и вводит в систему счета.

Уровень сигнала с частотой 800 кГц устанавливается потенциометром *Р1* «Усиление» блока МТМ-33 и подается на усилитель высокой частоты (УВЧ) (Л1), который можно перестраивать в диапазоне 800 ± 25 кГц с помощью конденсатора (С8а). После усиления сигнал поступает на преобразователь (Л2а), к которому приложена частота гетеродина (Л2б). Происходит выделение второй промежуточной частоты 465 кГц. Блок воздушного конденсатора (С8) имеет ручку «Настройка» и выполнен так, что подстройкой контура каскада УВЧ (Л1) и перестройкой частоты гетеродина (Л2б) на выходе преобразователя поддерживается постоянство частоты 465 кГц. Сигнал с частотой 465 кГц поступает на резонансный усилитель УПЧ (Л9) КУА РЗ, имеющего полосу пропускания около 8 кГц. С выхода УПЧ (Л9) сигнал подается на катодный повторитель (Л10). Уровень сигнала КУА РЗ устанавливается потенциометром *Р58* «Усиление КУА РЗ» и через высокочастотный разъем Ш2 подается в блок автоматического сопровождения по угловым координатам МТМ-75.

Во время выпуска радиозонда частота 800 кГц может изменяться, как и частота второго гетеродина приемника РЛС, поэтому в блок МТМ-33 введена схема АПЧ. Схема АПЧ КУА РЗ

состоит из УПЧ (*Л4, Л5*), ограничителя (*Л6*), дискриминатора (*Л7*), индикаторной схемы. В режиме РПЧ смещение снимается с потенциометра *R40* «Смещение РЛ». Реактивная лампа выполняет роль индуктивности, включенной параллельно контуру гетеродина.

В режиме АПЧ сигнал с частотой 465 кГц усиливается каскадами УПЧ (*Л4, Л5*), потом ограничивается (*Л6*), чтобы исключить влияние амплитудной модуляции на работу дискриминатора. В свою очередь дискриминатор (*Л7*) выделяет постоянное управляющее напряжение, величина и полярность которого изменяются пропорционально изменению разностной частоты. Управляющее напряжение дискриминатора подается на первую сетку реактивной лампы (*Л3*), которая управляет частотой гетеродина (*Л26*). Отклонение частоты от номинального значения контролируется индикаторной схемой. С УПТ (*Л8*) через тумблер *B7* в положении «Отклонение частоты» включается в диагональ моста микроамперметр ИП4.

Помимо АПЧ, канал угловой автоматики радиозонда обслуживает схема АРУ, основное назначение которой — поддерживать постоянным уровень сигнала на выходе приемного тракта.

Схема АРУ с постоянной времени 0,75 с КУА РЗ состоит из УПЧ (*Л11*) и детектора (*Л14*).

Напряжение с частотой 465 кГц подается на УПЧ (*Л11*), усиливается и по параллельным цепям поступает на детектор (*Д14*) канала счета и на детектор АРУ (*Л12а*).

Детектор АРУ (*Л12а*) собран по схеме диодного детектора, с нагрузки которого выпрямленное управляющее напряжение прикладывается к первой сетке катодного повторителя (*Л126*). Изменение потенциала катода (*Л126*) с потенциометра *R71* «Задержка АРУ» поступает на управляющие сетки УПЧ (*Л1, Л2, Л4, Л9*) через ограничитель *Л13*.

При отсутствии сигнала с частотой 465 кГц или когда его уровень меньше напряжения задержки АРУ, с потенциометра *R71* подается положительное напряжение задержки на анод ограничителя (*Л13*). Ограничитель открывается и потенциал управляющих сеток УПЧ (*Л1, Л2, Л4, Л9*) становится близким к нулевому.

При наличии сигнала радиозонда, превышающего напряжение задержки АРУ, с потенциометра *R71* на управляющие сетки УПЧ подается отрицательное напряжение смещения, и коэффициент усиления каскадов падает. Величина напряжения задержки контролируется прибором ИП4 в положении тумблера *B7* «Задержка АРУ».

С потенциометра *R68* «Порог перепада» выпрямленное напряжение детектора АРУ (*Л12а*) поступает на УПТ (*Л19*), который управляет схемой формирования перепада напряжения.

Схема формирования перепада напряжения служит для создания запирающего напряжения во время глубокого замирания сигналов радиозонда и состоит из УПТ (*Л19*), триггера (*Л20*), катодного повторителя (*Л18а*), ограничителя (*Л18б*). Рассмотрим работу схемы, когда сигнал радиозонда отсутствует (например, глубокое замирание сигнала). В этом случае с потенциометра *R68* «Порог перепада» снимается положительное напряжение порядка 10—20 В, которое открывает УПТ (*Л19*). За счет гальванической связи с УПТ (*Л19*) левая половина триггера (*Л20а*) закрыта, правая половина (*Л20б*) открыта. С потенциометра *R121* «Уровень перепада» снимается отрицательное напряжение перепада —50, —80 В и через катодный повторитель (*Л18а*), тумблер *B5* подается на ограничитель *Л18*, а по параллельной цепи через разъем *Ш4* — на пентодную сетку селектора блока МТМ-43.

При наличии сигнала радиозонда УПТ (*Л19*) закрывается, триггер (*Л20*) опрокидывается и с потенциометра *R121* снимается отрицательное напряжение —14, —16 В. При выбранном уровне напряжения перепада —14, —16 В селектор (*Л16*) в блоке МТМ-43 открыт по пентодной сетке, которая имеет защиту от возможного положительного потенциала, выполненную на ограничителе (*Л18б*).

Схема формирования перепада напряжения подключается к системе счета тумблером *B5* «Работа—Контроль счета» в положении «Работа». При установке тумблера *B5* в положение «Контроль счета» оператор отключает схему формирования перепада напряжения и через высокочастотный разъем *ШЗ* подает контрольные импульсы с частотой 1000 Гц на вход селектора (*Л16*). При этом кнопкой *Кн1* «Имитатор перепада» от источника напряжения —150 В можно имитировать перепад напряжения.

Схема формирования считываемых импульсов формирует импульсы, соответствующие паузам в излучении радиозонда, и передает их в систему счета. В состав схемы входят: детектор (*Л14*), триггер (*Л15*), селектор (*Л16*), мультивибратор (*Л17*). Сигнал радиозонда с частотой 465 кГц с выхода УПЧ (*Л11*) подается на детектор (*Л14*), собранный по схеме анодного детектирования. При отсутствии сигнала радиозонда детектор (*Л14*) закрыт по управляющей сетке напряжением смещения с потенциометра *R75* «Уровень ограничения». Анод детектора и управляющая сетка триггера (*Л15а*) имеют гальваническую связь: левая половина триггера (*Л15а*) открыта, а правая (*Л15б*) — закрыта. Такое состояние триггера соответствует паузе в излучении радиозонда. Потенциометр *R75* подает необходимое напряжение смещения на управляющую сетку (*Л14*), тем самым исключает срабатывание триггера от шумов приемника.

При наличии сигнала радиозонда детектор (*Л14*) открывается, триггер (*Л15*) опрокидывается и с анода правой половины лампы (*Л15а*) снимается отрицательный импульс, задний фронт которого соответствует началу паузы в излучении радиозонда. Отрицательные импульсы триггера через тумблер *В5* в положении «Работа» подаются на дифференцирующую цепочку, которая выделяет положительные и отрицательные импульсы, соответствующие переднему и заднему фронту импульса на выходе триггера.

Импульсы положительной полярности, которые соответствуют переднему фронту пауз в излучении радиозонда, усиливаются селектором (*Л16*) и поступают на запуск ждущего мультивибратора (*Л17*). Мультивибратор формирует импульсы положительной полярности длительностью 120 мкс с частотой повторения, зависящей от пауз в излучении СВЧ радиозонда. С выхода мультивибратора считываемые импульсы через высокочастотный разъем *Ш5* поступают в систему счета (блок МТМ-41).

Во время глубоких замираний сигналов радиозонда селектор (*Л16*) запирается по пентодной сетке напряжением перепада и формирование считываемых импульсов прекращается.

Основное назначение устройства встроенного контроля (УВК), расположенного в блоке МТМ-31,— оперативная проверка работоспособности и настройка приемной системы в режиме «Радиозонд» без включения радиозонда РКЗ-5. УВК состоит из ждущего мультивибратора, генератора 800 кГц, генератора 30 МГц, модулятора и усилителя.

С блока МТМ-44 через высокочастотный разъем *Ш1* подается напряжение с частотой 1000 Гц, которое через диод поступает на запуск ждущего мультивибратора. Мультивибратор вырабатывает прямоугольные импульсы с частотой 1000 Гц, длительность которых можно плавно менять потенциометром «Длит. метеопазы». С мультивибратора прямоугольные импульсы с частотой 1000 Гц и длительностью 200—1000 мкс поступают на защитную сетку лампы генератора 800 кГц, которая запирается на период действия импульсов, т. е. прерывают паузами частоту 800 кГц.

Напряжение с частотой 800 кГц, промодулированное паузами с частотой 1000 Гц, поступает на защитную сетку лампы модулятора, а на управляющую сетку модулятора подается напряжение с частотой 30 МГц с автономного генератора, собранного по схеме емкостной трехточки. Далее комбинация этих частот, имитирующая работу радиозонда РКЗ-5, поступает на усилитель, а с его выхода подается на УПЧ (*Л6*) блока МТМ-32. Устройство встроенного контроля включается тумблером *В1* «Работа—контроль».

3.5.6. Система счета МТМ-40

Система счета служит для подсчета частоты метеорологической информации радиозонда, для синхронизации работы системы передачи и регистрации данных.

Система счета МТМ-40 содержит: счетчик единиц и десятков (блок МТМ-41), счетчик сотен и тысяч (блок МТМ-42), блок эталонных импульсов МТМ-43, электронный индикатор счета МТМ-44, приборы контроля результатов счета (ИП1—ИП4), переключатель «Регулировка времени счета В3 грубая и В4 точная», тумблер В2 «Счет абсолютный—относительный». В стойке главного пульта МТМ-02 (см. рис. 3.5.9) расположены блок МТМ-41 (9), блок МТМ-42 (10), блок МТМ-43 (6), блок МТМ-44 (8).

Система счета (рис. 3.5.11, вкладка) содержит: схему формирования импульса счета, схему формирования импульсов сброса и переброса, схему электронного счетчика импульсов единиц и десятков, схему электронного счетчика сотен и тысяч, канал формирования импульса печати единиц и десятков, схему формирования импульсов 25 Гц, схему индикации счета.

Схема формирования импульса счета расположена в блоке МТМ-43 и вырабатывает импульсы счета в режимах абсолютного или относительного счета. Она состоит из селекторов 1 и 2, делителя частоты 1:125, двух делителей частоты 1:10, схемы санатрона, генератора секундного импульса, генератора импульса счета, катодных повторителей.

На входы селекторов 1 и 2 из блока МТМ-51 подаются положительные импульсы с частотой 5000 Гц, стабилизированные кварцем.

Селектор (Л26) связан по управляющей сетке со схемой формирования перепада напряжения блока МТМ-33. При нормальном уровне сигнала радиозонда на селектор 1 (Л26) по цепи «Перепад АРУ» подается напряжение перепада порядка —15 В и положительные импульсы с частотой 5000 Гц и амплитудой 30 В проходят через селектор на запуск делителя частоты 1:125.

При замирании сигнала радиозонда на селектор 1 (Л26) подается напряжение перепада —50 —80 В, селектор запирается и частота 5000 Гц на делители частоты не поступает, импульс счета не вырабатывается.

Селектор 2 (Л2а) управляется импульсом счета через катодный повторитель (Л1а). При отсутствии импульса счета с катодного повторителя на управляющую сетку селектора 2 (Л2а) подается напряжение —16 В и импульсы с частотой 5000 Гц пропускаются селектором на делитель частоты 1:125. На период действия импульса счета отрицательной полярности потенциал

на катодном повторителе (*Л1а*) становится равным —64 В и селектор 2 (*Л2а*) запирается.

Использование двух параллельных селекторов 1 и 2 обеспечивает условия формирования импульса счета при глубоких замираниях сигнала радиозонда и увеличивает длительность импульса счета на период замирания.

При нормальном уровне сигнала радиозонда через селекторы 1 и 2 (*Л2*) импульсы с частотой 5000 Гц поступают на вход делителя частоты 1:125. Для деления частоты 1:125 в схему включено последовательно семь триггерных ячеек (*Л3—Л9*), общий коэффициент деления которых составляет $K=2^7=128$. В качестве простейшей ячейки делителя частоты 1:2 применена схема триггера, которая имеет два устойчивых состояния равновесия. Для получения коэффициента деления, равного $K=125$, введена обратная связь с последнего каскада на первый и второй каскады делителя частоты. Импульсы обратной связи опрокидывают эти каскады, что эквивалентно подаче на вход ячейки дополнительной частоты. Обратная связь на первую ячейку уменьшает количество импульсов на выходе схемы на единицу, а обратная связь на вторую ячейку — уменьшает на две единицы. Таким образом, коэффициент деления схемы с учетом обратной связи равен $K=128-(1+2)=125$, т. е. схема вырабатывает частоту, равную 40 Гц.

С выхода делителя 1:125 импульсы с частотой 40 Гц поступают на вход первого делителя 1:10, собранного на четырех триггерных ячейках (*Л10—Л13*). Коэффициент деления без обратной связи составит $K=2^4=16$. Для получения коэффициента деления 1:10 введена обратная связь с последнего каскада на второй и третий каскады. Коэффициент деления с учетом обратной связи равен $K=16-(2+4)=10$. На выходе первого делителя 1:10 получают импульсы с частотой 4 Гц. С выхода первого делителя 1:10 импульсы с частотой 4 Гц поступают на вход второго делителя частоты 1:10, собранного на четырех триггерных ячейках (*Л14—Л17*). Работа второго делителя частоты 1:10 ничем не отличается от работы первого. На выходе второго делителя частоты 1:10 получают импульсы с частотой 0,4 Гц. С выхода триггера (*Л17*) импульсы с частотой 0,4 Гц через катодный повторитель (*Л18а*) поступают на делитель частоты 1:2 (*Л19*), на выходе которого образуются импульсы с частотой 0,2 Гц.

Импульсы с частотами 0,2 и 0,4 Гц подводятся к тумблеру *В1* «2,5 с—5 с» и через него поступают на запуск генератора секундного импульса.

Генератор секундного импульса собран по схеме симметричного триггера (*Л25*) и запускается отрицательными импульсами, полученными в результате дифференцирования импульсов

с частотой 0,4 или 0,2 Гц. Независимо от положения тумблера *B1* срыв триггера (*Л25*) осуществляется импульсами лампы (*Л16*). В положении тумблера *B1* «2,5 с» с выхода триггера (*Л25*) снимаются импульсы длительностью 1 с и с периодом повторения 2,5 с, а в положении тумблера *B1* «5 с» снимаются импульсы длительностью 1 с и с периодом повторения 5 с.

Генератор импульса счета (*Л26*) собран по схеме симметричного триггера. В режиме «Абсолютный счет» с генератора секундного импульса (*Л25а*) снимается секундный импульс отрицательной полярности, который запускает триггер (*Л26*). Срыв триггера (*Л26*) осуществляется за счет отрицательного импульса, полученного при дифференцировании заднего фронта положительного секундного импульса, снимаемого с генератора секундного импульса (*Л25б*). С выхода генератора импульса счета (*Л26*) снимается импульс счета положительной полярности с амплитудой около 100 В и подается через катодный повторитель (*Л27б*) на селектор (*Л20*) схемы формирования импульса печати сотен и тысяч (блок МТМ-42), на селекторы электронного счетчика (блок МТМ-41), в блок МТМ-51 для блокировки цепи запуска передатчика. С катодного повторителя (*Л27а*) импульсы отрицательной полярности с амплитудой около 100 В поступают на запуск генератора импульса переброса (*Л33*) блока МТМ-42.

В режиме «Относительный счет» реле *P1* подключает схему линейной задержки (санатрон), которая формирует импульс срыва и подает его на генератор импульса счета (*Л26*). С помощью переключателя «Регулировка времени счета», расположенного на лицевой панели блока МТМ-62, длительность импульса счета можно менять в пределах 0,87—0,99 с.

Схема формирования линейной задержки состоит из схемы санатрона (*Л21—Л24*) и трех селекторов (*Л20а, Л20б, Л18б*) и предназначена для формирования импульса срыва генератора импульса счета (*Л26*) в режиме «Относительный счет». Селекторы задерживают импульс запуска санатрона на 0,8 с относительно переднего фронта секундного импульса. С выхода селектора (*Л20б*) импульсы отрицательной полярности с задержкой на 0,8 с подаются на пентодную сетку (*Л21*) схемы санатрона. С блока МТМ-62 подается управляющее напряжение, с помощью которого меняется время задержки выходного импульса санатрона относительно входного в пределах 0,07—0,19 с. Учитывая время задержки пускового импульса санатрона на 0,8 с и время задержки самого санатрона 0,07—0,19 с, получаем, что длительность импульса счета можно менять в пределах 0,87—0,99 с. Генератор импульса счета (*Л26*) вырабатывает импульс счета и через катодные повторители (*Л27*) подает по тем же цепям, что и в режиме «Абсолютный счет».

Схема формирования импульсов сброса и переброса, вырабатывающая импульсы, которые управляют работой электронных счетчиков, состоит из генератора импульса переброса (*Л33*), генератора импульса сброса (*Л34*), двух катодных повторителей (*Л35а*, *Л35б*). Схема расположена в блоке МТМ-42 (10 на рис. 3.5.9).

Генератор импульса переброса (*Л33*) собран по схеме ждущего мультивибратора с катодной связью. С выхода катодного повторителя (*Л27а*) блока МТМ-43 поступает импульс счета отрицательной полярности, при дифференцировании заднего фронта образуется выброс положительной полярности, который запускает генератор импульса переброса (*Л33*). Мультивибратор (*Л33*) формирует импульсы переброса прямоугольной формы длительностью 300—500 мкс.

С анода *Л33а* снимаются положительные импульсы переброса и через катодный повторитель (*Л35б*) подаются на схему ключей (*Л21—Л26*) блока МТМ-42, на схему ключей (*Л22—Л29*) блока МТМ-41 и на тумблер *В1* блока МТМ-42. Одновременно с анода лампы *Л33б* снимается отрицательный импульс переброса, задний фронт которого после дифференцирования дает положительный выброс, используемый для запуска генератора импульса сброса.

Генератор импульса сброса (*Л34*) собран по схеме ждущего мультивибратора с катодной связью и формирует положительный импульс сброса длительностью 300—500 мкс, который поступает на катодный повторитель. С катодного повторителя (*Л35а*) снимается положительный импульс сброса с амплитудой около 120 В и через тумблер *В1* блока МТМ-42 поступает на электронный счетчик сотен и тысяч (*Л27—Л32*) блока МТМ-42 и на электронный счетчик единиц и десятков (*Л34—Л41*) блока МТМ-41. Тумблер *В1* «Контроль—Работа» служит для проверки работоспособности механизма набора электромагнита печати сотен и тысяч блока МТМ-62.

В положении тумблера *В1* «Контроль» на управляющие сетки левых половин ламп триггеров счетчика подается напряжение —150 В, а на сетки правых половин ламп триггеров — импульс переброса. Состояние триггерных ячеек в этом положении должно соответствовать числу 39, так как регистр имеет коэффициент деления 1 : 40. В положении тумблера *В1* «Работа» на сетки левых половин ламп триггеров электронного счетчика подается импульс сброса, а на сетки правых половин ламп триггеров — напряжение от источника —150 В.

Электронный счетчик импульсов единиц и десятков размещен в блоке МТМ-41 (9 на рис. 3.5.9) и состоит из селектора (*Л33*), двух пересчетных декад (*Л34—Л37*) и (*Л38—Л41*) основного

регистра, схемы ключей (*Л22—Л29*), контрольного регистра, измерительной схемы.

Селектор (*Л33*) открывается импульсом счета, поступающим с катодного повторителя (*Л27б*) блока МТМ-43. Оператор выбирает время счета равным 1 с или в пределах 0,87—0,99 с, которое соответствует режимам работы «Абсолютный счет» или «Относительный счет». Селектор (*Л33*) нормально закрыт напряжением +150 В по цепи катода. Импульс счета поднимает потенциал управляющей сетки до +140 В, селектор открывается на время действия импульса и пропускает считываемые импульсы метеоданных, сформированные блоком МТМ-33. На аноде селектора формируются импульсы отрицательной полярности и подаются на индикатор блока МТМ-44, на вход первой пересчетной декады (*Л34—Л37*) электронного счетчика. Пересчетные декады (*Л34—Л37*) и (*Л38—Л41*) основного регистра составлены из триггерных ячеек с общим коэффициентом деления $K=100$, которые могут зафиксировать максимальное число импульсов, равное 99. Сотый импульс вернет схему в исходное состояние с последующей передачей положительного перепада напряжения на сетку селектора (*Л21б*).

После окончания импульса счета состояние триггерных ячеек основного регистра с помощью импульса переброса переписывается через ключи (*Л22—Л29*) в регистр добора канала формирования импульса печати единиц и десятков и в регистр контроля измерительной схемы.

Состояние триггерных ячеек основного регистра, соответствующее определенному числу, запоминается в контрольном регистре до поступления следующего импульса переброса в зависимости от темпа счета: «2,5 с» или «5 с».

В нулевое состояние, после окончания импульса переброса, триггерные ячейки основного регистра (*Л34—Л41*) возвращаются положительным импульсом сброса, поступающим с катодного повторителя (*Л35а*) блока МТМ-42. Состояние триггерных ячеек основного регистра (*Л34—Л41*) с заполненной информацией соответствует потенциалам на анодах: +40 В — триггер открыт, +140 В — закрыт. Ключи (*Л22—Л29*) через резисторы подключены сеточными цепями к анодам триггерных ячеек основного регистра. Нагрузками ключей служат анодные нагрузки ламп триггеров добора (*Л11—Л14*) и триггеров контроля (*Л1—Л4*).

В исходном состоянии ключи закрыты по сеточной цепи отрицательным напряжением, подаваемым с блока МТМ-42. После окончания счета основным регистром с блока МТМ-42 подается импульс переброса положительной полярности длительностью 300—500 мкс. Ключи, имевшие высокий потенциал (порядка +140 В) на сетках, открываются и в анодах ламп триггеров,

которые подключились к открывшимся ключам, формируются отрицательные импульсы. Триггеры перебрасываются, т. е. половины ламп, подключенные к открывшимся ключам, открываются, а другие половины ламп триггеров закрываются. Состояние триггеров не меняется, если они находились в положении, предшествующем подаче импульса переброса.

Измерительная схема фиксирует результат счета стрелочными измерительными приборами. Она состоит из измерительной схемы единиц (*Л1—Л4*) и измерительной схемы десятков (*Л5—Л8*), а также соответствующих цепей резисторов и миллиамперметров типа М-592. Контрольные приборы имеют цену деления 1 и 10 Гц. Рассмотрим работу измерительной схемы единиц.

Триггерные ячейки (*Л1—Л8*) образуют параллельный регистр, который получает информацию из основного регистра, переданную после окончания импульса счета. Параллельный регистр хранит информацию в течение цикла счета и обновляет ее с последующим импульсом счета. Измерительные резисторы составляют две одинаковые цепочки. Первая цепочка включена в анодные цепи левых триодов триггеров, вторая — в анодные цепи правых триодов триггеров. Измерительные резисторы имеют сопротивления, во много раз меньшие, чем анодные нагрузки триггеров, и поэтому не оказывают влияния на их работу. Практически анодные токи всех триггеров равны и создают одинаковые ступени падения напряжения при изменении счета на единицу. Первая измерительная цепочка резисторов поднимает потенциал равными ступенями от нулевого уровня до максимального, вторая измерительная цепочка сбрасывает потенциал от максимального уровня до нулевого. Контрольный прибор измеряет разность потенциалов между цепочками. Шкала прибора разбита на 10 участков и оцифрована от 0 до 9.

Генератор сотен (*Л21а*) формирует считываемые импульсы и передает их в электронный счетчик сотен и тысяч.

При разборе принципа работы электронного счетчика единиц и десятков упоминалось, что пересчетные декады триггерных ячеек имеют общий коэффициент деления $K=100$, т. е. сотый импульс возвращает схему в исходное состояние и передает положительный перепад напряжения на сетку селектора (*Л21б*). Генератор сотен (*Л21а*) собран по схеме ждущего блокинг-генератора. Роль запускающей лампы выполняет селектор (*Л21б*). В исходном состоянии обе половины лампы (*Л21*) закрыты отрицательным смещением, снимаемым с делителей напряжения.

На сетку селектора (*Л21б*) с катодного повторителя (*Л27б*) подается положительный импульс счета. Селектор в период действия импульса счета находится в открытом состоянии и пропускает положительные перепады каждого сотого импульса,

поступающего с электронного счетчика единиц и десятков. Импульсы с селектора запускают блокинг-генератор (*Л21а*), который формирует отрицательные импульсы длительностью 1—2 мкс и подает их на вход электронного счетчика сотен и тысяч блока МТМ-42. Количество импульсов, сформированных блокинг-генератором, соответствует величине сотен импульсов метеоинформации радиозонда.

Канал формирования импульса печати единиц и десятков состоит из регистра добора (*Л11—Л18*), схемы формирования импульсов добора (*Л9, Л30, Л31, Л42, Л43, Л44*), схемы формирования импульса печати (*Л19, Л20, Л10*), датчика импульсов нуля и датчика импульсов спирального барабана.

Индукционные датчики импульсов нуля и спирального барабана находятся в блоке МТМ-62 и кинематически связаны с осью вращения спирального барабана. Спиральный барабан вращается со скоростью 1 об/с. В нулевом положении он жестко связан с индукционным датчиком нуля и с индукционным датчиком спирального барабана. За один оборот спирального барабана с датчика импульсов нуля снимается частота 1 Гц, а с датчика импульсов спирального барабана — частота 100 Гц. Эти импульсы подаются в блок МТМ-41 для формирования импульса печати единиц и десятков. Импульсы нуля положительной полярности с амплитудой около 2 В поступают в схему формирования импульсов добора *Л32*, а импульсы спирального барабана отрицательной полярности с амплитудой около 2 В — в схему формирования импульсов добора (*Л44б*).

На лампе (*Л32*) собран усилитель импульсов нуля по схеме двухкаскадного реостатного усилителя. Рассмотрим готовность схемы формирования импульсов добора в исходном состоянии. Правая половина лампы (*Л32б*) закрыта отрицательным потенциалом с делителя напряжения, левая половина усилителя (*Л32а*) фиксируется диодом на нулевом уровне. Селектор импульсов нуля (*Л31*) закрыт по управляющей сетке отрицательным напряжением с делителя, а по пентодной сетке — отрицательным напряжением от источника —150 В и уровнем перепада напряжения +40 В с анода правого триода триггера (*Л9*).

По окончании импульса счета в блок МТМ-41 поступают последовательно импульс переброса и импульс сброса положительной полярности длительностью 300—500 мкс. Импульс переброса «переписывает» результат счета из основного регистра счетчика единиц и десятков в регистры добора и контроля. Импульс сброса возвращает схему основного регистра в исходное состояние и своим задним фронтом запускает триггер (*Л9*), с которого подается разрешающий перепад напряжения +140 В на пентодную сетку селектора (*Л31*), и открывает его. Следующий по времени за импульсом сброса импульс нуля поступает

на усилитель (*Л32*) и через селектор (*Л31*) запускает триггер (*Л30*), который опрокидывается и подает разрешающий перепад напряжения на пентодную сетку селектора (*Л42*) и на управляющую сетку селектора (*Л19*). Отрицательные импульсы спирального барабана с амплитудой 2 В и длительностью 600 мкс поступают на усилитель импульсов спирального барабана (*Л44б*). С выхода усилителя (*Л44б*) через лампу запуска (*Л44а*) положительные импульсы спирального барабана подаются на генератор импульсов (*Л43*), собранный по схеме ждущего блокинг-генератора. На катодной нагрузке блокинг-генератора формируются импульсы положительной полярности длительностью 2,5 мкс и с частотой, равной частоте повторения импульсов спирального барабана (100 Гц). Импульсы спирального барабана в дальнейшем будем называть импульсами добора.

Импульс нуля с помощью триггера (*Л30*) открывает селектор (*Л42*), который пропускает импульсы добора на вход регистра добора. Регистр добора (*Л11—Л18*) представляет собой последовательно-параллельный регистр, состоящий из двух пересчетных декад, и хранит информацию основного регистра. С приходом на счетный вход регистра добора (*Л11*) импульсов добора регистр досчитывает записанное в нем ранее число до 100 Гц. С приходом сотого импульса добора все триггеры регистра добора устанавливаются в нулевое положение и на аноде триггера (*Л18*) формируется положительный перепад напряжения, который после дифференцирования подается на управляющую сетку селектора сотого импульса (*Л19*) и открывает его. С выхода селектора (*Л19*) снимается отрицательный импульс и подается на запуск генератора импульса печати (*Л20*). Генератор (*Л20*), собранный по схеме ждущего мультивибратора, формирует положительный прямоугольный импульс длительностью 4,5—5 мкс, который через катодный повторитель (*Л10*) подается в блок МТМ-62 на запуск схемы управления электромагнитом печати единиц и десятков.

Задним фронтом положительного импульса триггера (*Л18а*) триггеры (*Л9*, *Л30*) перебрасываются в исходное состояние, закрывая селекторы (*Л19*, *Л31*, *Л42*). Импульсы добора спирального барабана на вход регистра добора не проходят.

Вращение спирального барабана производится в сторону, противоположную нарастанию числа. Его положение в момент подачи импульса печати на электромагнит печати будет соответствовать числу, переписанному из основного регистра, т. е. числу импульсов, которые подсчитал счетчик единиц и десятков.

Например, основной регистр подсчитал число импульсов, равное 75 Гц, которое затем было переписано в регистр добора. Импульс нуля (1 Гц) индукционного датчика, жестко связанного с нулем механического спирального барабана, «разрешает»

регистру добора «добрать» 25 Гц, т. е. заполнить регистр до 100 Гц. В момент появления сотого импульса вырабатывается импульс печати. Но так как спиральный барабан за один оборот «списывает» импульсы от 100 до 0 Гц, то печать на бумажной ленте произойдет в точке 75 Гц.

Для исключения регистрации на бумажной ленте ложного значения результатов счета применена схема, закрывающая селектор (*Л19*). Если данные разряда сотен и тысяч метеоданных изменились, то с катодного повторителя (*Л36*) блока МТМ-42 подается перепад напряжения на пентодную сетку селектора (*Л19*), закрывая его. Селектор блокирует импульс печати единиц и десятков. Печать возобновится в следующем цикле, если результат подсчета метеоданных сотен и тысяч повторится дважды. Тогда селектор (*Л19*) пропустит импульс и запустит генератор импульса печати. Такой принцип регистрации обусловлен конструкцией радиозонда РКЗ-5, при коммутации сигналов которого возникают ложные частоты в информации.

Схема электронного счетчика импульсов сотен и тысяч размещена в блоке МТМ-42 и состоит из основного регистра (*Л27—Л32*), схемы ключей (*Л21—Л26*), контрольного регистра, измерительной схемы и схемы управления механизмами набора сотен и тысяч.

Электронный счетчик сотен и тысяч (основной регистр) состоит из пересчетной декады (*Л27—Л30*) и неполной декады (*Л31* и *Л32*) с коэффициентом деления 1:4. На вход основного регистра (*Л27—Л32*) поступают импульсы сотен (*Л21а*) блока МТМ-41. Общий коэффициент деления основного регистра составляет 1:40. Подсчитанная частота фиксируется в виде определенного состояния триггеров основного регистра и не может превышать число 39. Контроль работы счетчика производится на гнездах «Вход», «Сотни», «Тысячи». Импульс переброса поступает с катодного повторителя (*Л35б*) и «переписывает» информацию из основного регистра через схему ключей (*Л21—Л26*) в контрольный регистр сотен (*Л11—Л14*) и в контрольный регистр тысяч (*Л15—Л16*). Схема ключей (*Л21—Л26*) работает аналогично схеме ключей блока МТМ-41, рассмотренной выше. Контрольные регистры сотен и тысяч входят в состав измерительной схемы, которая предназначена для индикации результата счета с помощью стрелочных измерительных приборов.

Триггерные ячейки (*Л11—Л16*) образуют параллельный регистр и хранят информацию основного регистра в течение нескольких циклов счета, до тех пор, пока не произойдет изменения информации в разрядах сотен и тысяч основного регистра. При изменении информации основного регистра на выходе контрольного регистра образуется отрицательный импульс, который поступает на схему формирования импульса печати сотен и ты-

сяч. Следует отметить, что схема вырабатывает импульс печати сотен и тысяч, если информация после изменения повторяется дважды. Схема формирования импульсов печати сотен и тысяч включает усилитель (*Л17*), триггеры (*Л19*, *Л18*), генераторы импульсов (*Л7*, *Л9*), селекторы (*Л8*, *Л20*), катодные повторители (*Л10*, *Л36*).

Двухкаскадный усилитель (*Л17*) собран по реостатной схеме и в исходном состоянии имеет открытую левую половину лампы (*Л17а*). Как упоминалось выше, при изменении информации в сотнях и тысячах метеоданных с контрольного регистра (*Л11—Л16*) снимается отрицательный импульс. Усилитель (*Л17*) подает отрицательный импульс на запуск триггеров (*Л19*, *Л18*), собранных по схеме с анодно-сеточными связями, внешним смещением и раздельным запуском. Триггер (*Л19*) опрокидывается в положение, при котором устанавливаются уровни напряжения: +140 В на аноде закрытого триггера (*Л196*) и +40 В на аноде открытого триггера (*Л19а*). Напряжением +140 В открывается селектор (*Л20*) по пентодной сетке. Напряжение +40 В поступает на управляющую сетку катодного повторителя (*Л36а*) и с его нагрузки подается на катоды тиратронов (*Л1—Л6*), разрешая набор зафиксированного числа метеоданных.

Перепад напряжения триггера (*Л18*) через катодный повторитель (*Л36б*) поступает на селектор (*Л19*) блока МТМ-41 и запрещает формирование импульса печати единиц и десятков метеоданных. Одновременно триггер (*Л18*) подает напряжение +40 В на пентодную сетку селектора (*Л8*), запрещая печать сотен и тысяч метеоданных.

Селектор (*Л20*) в исходном состоянии закрыт по управляющей и пентодной сеткам от источника внешнего смещения —150 В и уровнем напряжения, снимаемого с анода правого триода триггера (*Л196*). При изменении информации селектор (*Л20*) открывается триггером (*Л19*) по пентодной сетке, а с приходом импульса счета с блока МТМ-43 открывается и по управляющей сетке, формируя на выходе отрицательный импульс, совпадающий по времени с передним фронтом импульса счета. Импульсом селектора (*Л20*) запускается генератор импульсов (*Л7*), собранный по схеме ждущего мультивибратора с катодной связью. Положительный импульс лампы (*Л7*) дифференцируется и выброс переднего фронта подается на управляющую сетку селектора (*Л8*), который закрыт по пентодной сетке. Задним фронтом импульса генератора (*Л7*) опрокидывается триггер (*Л18*) в исходное состояние, на пентодную сетку селектора (*Л8*) и на катодный повторитель (*Л36б*) подается напряжение +140 В, открывая селектор (*Л8*) по пентодной сетке и разрешая печать единиц и десятков. Если в следующем цикле счета не произойдет изменения информации, селектор (*Л8*) будет открыт

по пентодной сетке, и импульс с генератора (Л7) поступит на запуск генератора импульсов печати (Л9). Если информация изменится, то триггер (Л18) опрокинется, передавая на пентодную сетку селектора (Л8) запрещающий уровень напряжения +40 В.

Генератор импульсов печати (Л9) собран по схеме ждущего мультивибратора с катодной связью и формирует положительный импульс длительностью 5 мкс, который через катодный повторитель (Л10а) подается на схему печати в блоке МТМ-62. Задним фронтом импульса генератора печати (Л9) опрокидывается триггер (Л19) в исходное состояние и уровень напряжения +140 В через катодный повторитель (Л36а) подается на катоды тиратронов (Л1—Л6), запрещая набор сотен и тысяч.

Итак, схема формирования импульса печати сотен и тысяч метеоданных обеспечивает печать только при изменении их информации, когда результат счета повторится дважды. Схема формирования импульса печати сотен и тысяч одновременно блокирует печать единиц и десятков при изменении сотен и тысяч метеоданных.

В анодные цепи тиратронов (Л1—Л6) включены обмотки электромагнитов дифференциальных механизмов набора сотен и тысяч. Набором сотен метеоданных управляют тиратроны (Л1—Л4), набором тысяч — тиратроны (Л5 и Л6). На аноды тиратронов подано напряжение 220 В, 400 Гц, управляющие сетки подключены к анодным нагрузкам правых половин ламп триггеров контрольного регистра. Катоды тиратронов находятся под напряжением смещения от источника +250 В и управляющим напряжением катодного повторителя (Л36а). В закрытом состоянии на катодах тиратронов (Л1—Л6) результирующее напряжение составляет +180 В. При изменении информации электронного счетчика сотен и тысяч метеоданных уровень напряжения на выходе катодного повторителя (Л36а) падает до +40 В, а результирующее напряжение на катодах тиратронов становится равным +125 В. Тиратроны, имеющие напряжение на управляющих сетках +140 В, открываются, а тиратроны с напряжением на управляющих сетках +40 В остаются в закрытом состоянии. В анодные цепи тиратронов включены лампы накаливания, предназначенные для уверенного срабатывания электромагнитов печати.

Электронный индикатор счета (МТМ-44) (см. рис. 3.5.9) предназначен для контроля работы системы счета и формирования напряжения с частотой 25 Гц для питания двигателя электрического счетчика времени в блоке МТМ-62.

Блок МТМ-44 включает схему индикации счета, схему деления частоты и высоковольтный выпрямитель «—1800 В».

В состав схемы индикации счета входят триггер (*Л5*), генератор развертки (*Л6*), электронно-лучевая трубка (ЭЛТ) (*Л7*).

Триггер (*Л5*) собран по типовой схеме с анодно-сеточными связями и автоматическим смещением. Считываемые отрицательные импульсы с выхода селектора (*Л33*) блока МТМ-41 через тумблер *В1* «Работа» поступают на запуск триггера (*Л5*). С анода триггера снимаются прямоугольные импульсы с частотой повторения, вдвое меньшей, чем частота считываемых импульсов. Эта частота подается на управляющую сетку генератора развертки (*Л6*).

Генератор развертки (*Л6*) собран по схеме с зарядной емкостью в цепи анода и создает напряжение развертки, которое подается к горизонтально отклоняющим пластинам ЭЛТ (*Л7*). На вертикально отклоняющие пластины ЭЛТ поступают считываемые импульсы. Визуальное наблюдение на ЭЛТ считываемых импульсов позволяет оператору оценить работу системы счета. При установке тумблера *В1* в положение «Контроль» вход триггера (*Л5*) и вертикально отклоняющие пластины ЭЛТ (*Л7*) подключаются к гнезду «Контроль», и в этом случае индикатор может быть использован как осциллограф для контроля работоспособности системы счета.

С блока МТМ-51 подаются импульсы положительной полярности с частотой 5000 Гц на вход схемы делителей частоты. Первые три каскада (*Л1*, *Л2*, *Л3*) выполнены по схеме блокинг-генератора с коэффициентами деления 1:5, 1:5, 1:4; последний каскад (*Л4*) собран по схеме триггера. Настройка делителей производится с помощью потенциометров. С первого делителя (*Л1*) снимаются импульсы с частотой 1000 Гц и подаются в блок МТМ-31. С выхода делителя (*Л4*) прямоугольное симметричное напряжение с частотой 25 Гц подается на управляющую сетку тиратрона (*Л2*) блока МТМ-62 и модулирует его по току. Схема тиратрона (*Л2*) содержит контур, состоящий из индуктивности первичной обмотки трансформатора и конденсатора. На нем выделяется напряжение с частотой 25 Гц, по форме близкое к синусоидальному напряжению. Со вторичной обмотки трансформатора снимается напряжение для питания синхронного двигателя *М11* — коммутатора.

Высоковольтный выпрямитель *У1* собран по схеме удвоения напряжения и питает ЭЛТ (*Л7*).

3.5.7. Система измерения дальности МТМ-50

Эта система позволяет определять наклонную дальность до цели и пеленговать ее в режимах ручного или автоматического сопровождения, фиксировать текущее значение дальности на бабужной ленте регистратора МТМ-62, а также синхронизировать

работу передающего тракта и системы счета. Помимо этого, система дальности формирует импульсы УУС и импульсы бланка, управляя работой приемной системы МТМ-30.

В зависимости от сопровождаемой цели система дальности имеет два режима работы: 1) «Угловой отражатель», «Радиозонд», 2) «Метеоракета».

В общем виде система измерения дальности «Метеорит-2» представляет собой импульсное дальномерное устройство, построенное по классической схеме. Передатчик излучает колебания СВЧ с длительностью радиоимпульса $\tau = 1,5$ мкс и периодом повторения $T = 2400$ мкс. На время излучения импульса (τ) колебаний СВЧ антенный переключатель подключает антенну к передатчику, а на время паузы ($T - \tau$) — к приемнику. Принимаемые сигналы преобразуются приемным трактом и поступают в систему автоматического сопровождения по дальности для измерения времени запаздывания сигнала. Система дальности имеет временной различитель так называемых полустробиов, сдвинутых во времени относительно друг друга. Момент совпадения центра тяжести сигнала с точкой пересечения опережающего и задержанного полустробиов определяет пеленг, т. е. наклонную дальность. Перемещение цели происходит непрерывно, поэтому пара полустробиов временного различителя должна быть подвижна. Эта задача решена с помощью фазовращателя, выходное напряжение которого линейно зависит от угла поворота ротора фазовращателя.

Система МТМ-50 вырабатывает стабилизированное кварцем синусоидальное напряжение с частотой $74,955 \text{ кГц} \pm 5 \text{ Гц}$ и периодом 13,3 мкс, что соответствует времени прохождения радиосигнала до цели, находящейся на расстоянии 2 км по дальности, и обратно.

Точность измерения по дальности характеризуется в основном калибровкой фазовращателя. Для облегчения захвата цели по дальности с импульсами полустробиов совпадают импульсы подвижного визира, создающие на развертке две темновые отметки. Индикатором служит ЭЛТ типа 8ЛО29И с двумя масштабами разверток: 30 и 2 км. Запуск развертки можно линейно задержать относительно зондирующего импульса схемой санатора. Управляющее напряжение снимается с потенциометра задержки, который установлен на одной оси с фазовращателем, что исключает возможность «ухода» полустробиов от центра 30-км развертки.

К достоинствам импульсного дальномерного устройства следует отнести использование в РЛС одной антенны, простоту в получении высокой разрешающей способности по дальности и отсутствие помех приему со стороны собственного передатчика.

Недостаток импульсного дальномера заключается в необходимости применения передатчика с большой импульсной мощностью.

Система измерения дальности МТМ-50 расположена в главном пульте МТМ-02 (см. рис. 3.5.9). Она содержит блок дальности МТМ-51 (16), блок автоматического сопровождения по дальности МТМ-52 (15) и блок управления по дальности МТМ-53 (19).

В систему МТМ-50 (рис. 3.5.12, вкладка) входят: схема формирования частот 5 кГц и 416 Гц, канал запуска передатчика, канал грубого измерения дальности, канал точного измерения дальности, схема формирования сигнала ошибки, канал сервоусилителя, схемы индикатора и калибратора.

Блок дальности. Кварцевый генератор (Л1), собранный по схеме Шембеля, выполняет одновременно две функции: генерирование синусоидальных колебаний с частотой 75 кГц и усиление их по мощности. Катодный повторитель (Л2) передает напряжение с частотой 75 кГц в генератор импульсов эталонной частоты (Л3а), в схему калибратора, в блок МТМ-53 на фазовращатель.

Генератор импульсов эталонной частоты (Л3а) собран по схеме усилителя-ограничителя, в котором ограничение синусоидального напряжения 75 кГц по нижнему уровню осуществляется током триода, а по верхнему уровню — за счет сеточного тока. Полученные прямоугольные импульсы дифференцируются и поступают на запуск делителей частоты и на селектор (Л11) канала запуска передатчика. Делители частоты (Л4а, Л5а, Л8а) собраны по типовой схеме ждущего блокинг-генератора с анодно-катодной связью. Для стабильности в работе блокинг-генераторы развязаны между собой катодными повторителями (Л4б, Л5б, Л6б). Третий делитель (Л7) собран по схеме триггера. Деление частоты 75 кГц производится последовательно со следующими коэффициентами деления: 1:3; 1:5; 1:2; 1:6, что соответствует частотам: 25; 5; 2,5 кГц и 416 Гц. Изменением постоянной времени сеточной цепи блокинг-генератора осуществляется регулировка коэффициента деления. На шасси блока МТМ-51 выведены регулировочные потенциометры: R1 (25 кГц), R16 (5 кГц) и R37 (416 Гц).

Импульсы с частотой 5 кГц подаются в блок эталонных импульсов МТМ-43, а напряжение с частотой 416 Гц поступает в канал запуска передатчика (Л8б) и в канал грубого измерения дальности (Л13б).

Канал запуска передатчика содержит: лампу запуска (Л8б), два ждущих мультивибратора (Л9, Л10), селектор (Л11), блокинг-генератор и усилитель (Л12). Лампа запуска (Л8б) нормально открыта и работает как усилитель импульсов 416 Гц.

В режиме «Радиозонд» на катод лампы запуска из блока МТМ-43 поступают положительные импульсы счета, «запрещающие» формирование импульсов запуска передатчика. В режиме «Угловой отражатель» система счета отключена и коммутация по цепи запуска передатчика не производится. На лампе (Л19) собран ждущий мультивибратор с принудительным срывом. Запуск производится отрицательным импульсом с лампы запуска (Л86), а срыв — импульсами с частотой 2,5 кГц. С мультивибратора (Л19) снимается положительный импульс длительностью 200 мкс, дифференцируется и задним фронтом выброса запускает второй мультивибратор (Л110), который формирует импульсы длительностью 25 мкс, используемые как селекторные. В исходном состоянии селектор (Л111) закрыт по управляющей и пентодной сеткам напряжением, снимаемым с делителя. Положительный импульс длительностью 25 мкс и с амплитудой около 80 В подается на пентодную сетку селектора (Л111), который открывается в момент совпадения с положительным импульсом 75 кГц. Импульс селектора поступает на генератор запуска передатчика (Л12а), собранного по схеме ждущего блокинг-генератора, в катодной нагрузке которого формируется импульс положительной полярности длительностью 0,4 мкс. Коммутация пускового импульса осуществляется с помощью реле Р1, связанного с микровыключателем В4 блока МТМ-53. Микровыключатель срабатывает при достижении радиозондом дальности 1500 ± 500 м и реле Р1 снимает пусковые импульсы с малоомощного передатчика и подает их на вход мощного передатчика.

Положительный импульс длительностью 25 мкс снимается с мультивибратора (Л110) и после дифференцирования подается на усилитель (Л126), режим которого подобран так, что усилению подвергается положительный выброс. С выхода усилителя снимается отрицательный импульс и подается в блок МТМ-32 на запуск генератора бланка. Генератор бланка формирует импульс длительностью порядка 100—200 мкс и запирает канал угловой автоматики, устраняя мешающие действия зондирующего импульса передатчика и мощных отраженных сигналов. Запуск передатчика производится с частотой 416 Гц с задержкой, обеспечивающей расположение цели по дальности в центре развертки ЭЛТ по всей дистанции 0—300 км.

Канал грубого измерения дальности содержит: схему санатрона, схему формирования грубой (30-км) и точной (2-км) разверток.

Схема санатрона обеспечивает линейную задержку запуска разверток по отношению к пусковому импульсу передатчика. За счет вращения штурвала дальности, кинематически связанного с потенциометром строба R25, на выходе схемы санатрона

(Л17а) формируются импульсы срыва, обеспечивающие задержку разверток на 110—2200 мкс.

Импульсы срыва положительной полярности с частотой 416 Гц подаются через катодный повторитель (Л19а) на лампу запуска (Л19б), которая в нормальном состоянии закрыта по управляющей сетке напряжением смещения. С анодной нагрузки лампы запуска (Л19б) снимаются отрицательные импульсы и поступают на запуск ждущего мультивибратора (Л20). Положительные импульсы мультивибратора (Л20б) длительностью 13 мкс через катодный повторитель (Л22б) управляют работой селектора (Л21) по пентодной сетке. Из блока МТМ-52 на управляющую сетку селектора подаются подвижные импульсы фазовращателя с частотой 75 кГц. Селектор (Л21) пропускает один из положительных импульсов частоты 75 кГц в момент прихода на пентодную сетку положительного импульса длительностью 13 мкс. Положительный импульс, пропущенный селектором, запускает ждущий блокинг-генератор (Л22а), а с его катодной нагрузки снимается положительный импульс, который через тумблер ВЗ в положении «Работа» подается на запуск генератора 2-км и 30-км стробов. Запуск генератора 30-км строба осуществляется через лампу запуска (Л27б), а запуск генератора 2-км строба — через инвертор (Л23а).

Генератор 30-км строба собран по схеме ждущего мультивибратора (Л28), формирующего импульсы длительностью 200 мкс, что соответствует 30 км по дальности. Отрицательный импульс мультивибратора (Л28) через контакты 2, 1 реле Р2 подается на генератор разверток (Л32). Генератор создает напряжение пилообразной формы длительностью 200 мкс. Пилообразное напряжение положительной полярности снимается с генератора разверток (Л32), а отрицательной полярности — с инвертора (Л31). Эти напряжения прикладываются к горизонтально отклоняющим пластинам ЭЛТ (Л30) и создают линейную развертку. Для подсветки прямого хода луча на управляющую сетку ЭЛТ подается положительный импульс с амплитудой около 15 В, который снимается с анода лампы (Л28б) через контакты 5, 4 реле Р2.

Генератор задержки 2-км развертки собран по схеме фантастрона (Л24). При отсутствии пускового импульса фантастрон закрыт по третьей сетке отрицательным напряжением смещения.

Блокинг-генератор (Л22а) подает положительный импульс через тумблер ВЗ в положении «Работа» на инвертор (Л23а), с анодной нагрузки которого снимается отрицательный импульс и через диод (Л23б) запускает фантастрон задержки (Л24). На экранной сетке фантастрона вырабатывается импульс положительной полярности, задержанный относительно пускового

импульса. Величину задержки фантастрона можно менять в пределах 86—93 мкс, что соответствует задержке по дальности 12 900—15 950 м. Инвертор (*Л25а*) переворачивает по фазе импульс фантастрона и после дифференцирования его запускает генератор 2-км строба, собранного по схеме ждущего мульти-вibratorа (*Л26*) с катодной связью.

Мультивибратор вырабатывает прямоугольные импульсы длительностью 13,3 мкс, что соответствует 2 км по дальности. Положительный импульс с мультивибратора (*Л26*) подается на буферный каскад (*Л27а*). В анодной нагрузке буферного каскада формируется импульс отрицательной полярности, который через контакты 3, 1 реле *P2* поступает на запуск генератора разверток (*Л32*). С генератора (*Л32*) и инвертора (*Л31*) к горизонтально отклоняющим пластинам ЭЛТ (*Л30*) прикладывается пилообразное напряжение, создающее развертку по дальности 2 км. С катодной нагрузки буферного каскада (*Л27а*) снимается импульс положительной полярности и подается в блок МТМ-52 на селектор (*Л1*). Подсветка прямого хода луча 2-км развертки осуществляется импульсом положительной полярности длительностью 13,3 мкс. Импульс подсветки снимается с буферного каскада (*Л27а*) и через контакты 6, 4 реле *P2* подается на управляющую сетку ЭЛТ (*Л30*). «Пьедестал» (визир в центре 30-км развертки) создается положительным импульсом 2-км строба, задержанного на 15 км (86 мкс) относительно 30-км развертки. Импульс 2-км строба снимается с буферного каскада (*Л27а*) и подается через контакты 10, 11 реле *P2*, переключатель *B1* в положении «Работа» на вертикально отклоняющую пластину ЭЛТ.

Генератор разверток (*Л31*, *Л32*) используется для создания грубой или точной разверток. Он собран по схеме линейно-растущего напряжения. Длительность разверток коммутируется тумблером *B2* «30 км», «2 км» с помощью реле *P2*, которое переключает зарядные конденсаторы генератора разверток. Для получения линейности пилообразного напряжения в цепь заряда конденсатора вводится компенсирующая ЭДС, поддерживающая постоянство зарядного тока.

Катодный повторитель (*Л32а*) выполняет функцию компенсирующей ЭДС. Основные органы регулировки развертки выведены на переднюю панель блока МТМ-51 (16 на рис. 3.5.9). На передней панели блока расположен переключатель *B1* «Работа—Калибровка—Контроль», с помощью которого оператор коммутирует сигналы, поступающие на вертикально отклоняющие пластины ЭЛТ. В режиме «Работа» на пластину 11 подается видеосигнал от цели, а на пластину 10 при масштабе развертки 30 км подается 2-км строб, используемый в качестве визира.

В режиме «Калибровка» на пластину 10 подается синусоидальное напряжение калибратора, а на пластину 11 — постоянное напряжение. Калибратор служит для проверки линейности следования электрического визира 2-км развертки за поворотом точной шкалы дальности.

Синусоидальное напряжение 75 кГц подается на фазосдвигающий каскад (Л36), который имеет фазосдвигающую цепочку, включенную между анодом и катодом усилителя. Сдвиг фазы синусоидального напряжения на угол 45° можно осуществлять потенциометром R47 «Сдвиг калибратора». После усилителя (Л36) синусоидальное напряжение последовательно умножается на 4 и 2 умножителями (Л29б, Л29в), в анодные нагрузки которых включены полосовые фильтры, настроенные на частоты 300 и 600 кГц, обеспечивающие достаточную фильтрацию гармонических составляющих. С выхода каскада (Л29а) напряжение с частотой 600 кГц и амплитудой около 80 В подается на пластину 10 ЭЛТ.

В режиме «Контроль» на пластину 11 подается импульс с блокинг-генератора (Л22а), а пластина 10 подключается к контрольному гнезду. В этом положении оператор имеет возможность использовать индикатор ЭЛТ для проверки формы импульсов в основных точках станции.

Канал точного измерения дальности состоит из схемы фазовращателя, схем формирования электрического визира, полуступов и УУС.

Синусоидальное напряжение с частотой 75 кГц поступает из блока МТМ-51 на первичную обмотку фазосдвигающего узла. Со вторичной обмотки трансформатора снимаются два напряжения, сдвинутые на 180° относительно друг друга. Эти напряжения прикладываются к фазосдвигающему мосту, в четырех точках которого образуются напряжения, равные по амплитуде и сдвинутые по фазе на 90° относительно друг друга. К фазосдвигающему мосту подключен фазовращатель Фв1, представляющий собой специальный конденсатор. С его статора снимается напряжение с частотой 75 кГц, фаза которого линейно зависит от угла поворота электрического ротора. В свою очередь ротор фазовращателя имеет кинематическую связь с двигателем автосопровождения М1 либо со штурвалом ручного управления.

Регулировка фазорасщепляющего моста достигается потенциометрами «Баланс», «Фаза $+90^\circ$ », «Фаза -90° ». Напряжение частоты 75 кГц снимается со статора фазовращателя Фв1, получает необходимое усиление в двухкаскадном усилителе (Л1, Л2а) и поступает на запуск генератора подвижных импульсов (Л2б), на выходе которого формируется напряжение с крутыми фронтами той же частоты. Это напряжение подается

параллельно на селектор (*Л21*) блока МТМ-51 для запуска раз-
вертки и в блок МТМ-52 для формирования импульсов УУС,
визира и полустроби.

Схема формирования электрического визира расположена
в блоке МТМ-52 (15 на рис. 3.5.9). Она объединяет селектор
дальности (*Л1*), блокинг-генератор (*Л2а*), две линии задержки
(*Л3-1*, *Л3-2*), лампу запуска (*Л2б*) и блокинг-генератор визира
(*Л3*). Остроконечные подвижные импульсы с частотой 75 кГц
поступают на управляющую сетку селектора (*Л1*), а на пентод-
ную сетку подается импульс 2-км строба с буферного каскада
(*Л27а*) блока МТМ-51. Селектор запускает блокинг-генератор
(*Л2а*), с катодной нагрузки которого снимается импульс дли-
тельностью 0,5 мкс, с амплитудой около 50 В и подается на ли-
нии задержки (*Л3-1*, *Л3-2*). Суммарное время задержки двух
линий составляет 1,4 мкс. Линия задержки имеет несколько то-
чек отводов, необходимых для подбора величины задержки
между импульсами визира и полустроби. С выхода линий за-
держки (*Л3-1*, *Л3-2*) снимаются положительные импульсы, сдви-
нутые по времени на 1,2 мкс и через диоды *Д1*, *Д2* подаются
на запуск генератора визира (*Л2б*, *Л3*). Генератор визира соб-
ран по схеме блокинг-генератора с параллельным запуском,
имеющим малое время восстановления благодаря диоду, вклю-
ченному в цепь управляющей сетки. С катодной нагрузки бло-
кинг-генератора снимаются два положительных импульса дли-
тельностью 0,3 мкс, с амплитудой около 30 В и подаются в блок
МТМ-51, на катод ЭЛТ. Оператор видит на экране два темно-
вых участка электрического визира.

Через переключатель *В1* «Сдвиг полустроби» с одного из
отводов линий задержки (*Л3-1*, *Л3-2*) поступает положительный
импульс длительностью 0,5 мкс на вход схемы генератора полу-
строби. Генератор полустроби выполнен по схеме блокинг-
генератора с параллельным запуском и принудительным сры-
вом. С выхода буферного каскада (*Л5*) импульс поступает на
линию задержки (*Л3-3*) и через лампу запуска (*Л6а*) — на ге-
нератор первого полустроби (*Л6б*). Генератор первого полу-
строби представляет собой блокинг-генератор, сеточная цепь ко-
торого является анодной нагрузкой лампы срыва (*Л8а*) первого
полустроби. Принудительный срыв блокинг-генератора (*Л6б*)
производится отрицательным импульсом лампы срыва (*Л8а*)
с задержкой на 1,2 мкс относительно пускового импульса. С вы-
хода блокинг-генератора снимается отрицательный импульс пер-
вого полустроби и полученным выбросом от дифференцирования
заднего фронта этого импульса запускается генератор ударного
возбуждения (*Л7б*). Генератор ударного возбуждения форми-
рует синусоидальное напряжение с периодом 2,4 мкс, которое
подается на запуск блокинг-генератора (*Л8б*) и на лампу срыва

(Л7а) второго полустроба. В исходном состоянии эта лампа заперта по управляющей сетке напряжением смещения —15 В. Сеточная цепь блокинг-генератора (Л8б) второго полустроба является анодной нагрузкой лампы срыва (Л7а), и образующийся отрицательный импульс в ее анодной цепи «срывает» работу блокинг-генератора. С блокинг-генератора (Л6б) первого полустроба и блокинг-генератора (Л8б) второго полустроба снимаются сдвинутые по времени два импульса и подаются на диодные ограничители (Л9). Диодные ограничители фиксируют на определенном уровне импульсы полустробов и подают их на пентодные сетки временного различителя (Л11, Л12).

В схеме временного различителя происходит сравнение по времени положений оси симметрии пары полустробов и центра сигнала от цели. Сигнал ошибки выделяется в случае смещения цели от оси симметрии полустробов и его знак зависит от направления смещения цепи.

В исходном состоянии селекторы (Л11, Л12) заперты по пентодным сеткам напряжением смещения около —90 В. На пентодные сетки селекторов (Л11, Л12) подаются положительные импульсы полустробов, которые готовят селектор к работе. На управляющие сетки селекторов через катодный повторитель (Л10а) поступает сигнал от цели с главного усилителя блока МТМ-32. В момент совпадения сигнала и полустробов открываются диодные детекторы (Л13а, Л13б), выделяющие сигнал ошибки. В катодных цепях детектора (Л13) стоят конденсаторы с большой постоянной времени заряда и разряда. Разность напряжений на конденсаторах и является сигналом ошибки, который поступает на катодный повторитель (Л10б). Потенциометром «Баланс-1» устанавливается нуль напряжения на выходе катодного повторителя при отсутствии сигнала от цели.

Рассмотрим процесс формирования импульса ультразвукового stroba (УУС). С выхода линии задержки (Л3-1) снимается импульс запуска генератора УУС, собранного по схеме блокинг-генератора (Л4а, Л4б) с параллельным запуском. На выходе блокинг-генератора образуются импульсы УУС, длительностью 0,5 мкс, с амплитудой 120 В и поступают в блок МТМ-32 для стробирования КУА в режиме «Уголковый отражатель». Задержка импульса УУС выбрана такой, чтобы он по времени находился между импульсами визира.

Рассмотрим работу автоматического сопровождения по дальности (АСД) в режимах «Уголковый отражатель — Радиозонд».

Автоматическое сопровождение по дальности представляет собой типовую замкнутую систему автоматического регулирования, которая подслеживает значение текущего параметра дальности. С выхода катодного повторителя (Л10б) блока МТМ-52

сигнал ошибки через контакты 4, 5 реле $P4$ блока МТМ-53 поступает в блок МТМ-52 на фильтр низких частот, имеющий частоту среза около 10 Гц. С фильтра сигнал ошибки подается на УПТ ($L15a$), а на УПТ ($L15b$) подается постоянное напряжение обратной связи. Усилитель ($L15$) имеет двухтактный выход, с которого суммарное напряжение сигнала ошибки и обратной связи подается на вход УПТ-2 ($L14$), по схеме усилителя с анодно-катодной нагрузкой. В качестве анодных нагрузок УПТ-2 ($L14$) служат управляющие обмотки магнитного усилителя (МУ). В свою очередь МУ нагружен на управляющую обмотку 3, 4 двигателя $M1$ блока МТМ-53, который и отбрасывает ошибку по дальности.

Демодулятор обратной связи выполнен по схеме двухполупериодного фазочувствительного детектора. На демодулятор поступает переменное напряжение с обмотки 7—8 двигателя $M1$, амплитуда которого пропорциональна скорости вращения двигателя, а фаза зависит от направления вращения. Опорное напряжение к демодулятору подается от сети 220 В, 400 Гц. Устойчивость АСД обеспечивает корректирующий контур по цепи обратной связи, представленный в виде двойной дифференцирующей цепочки, которая выделяет и передает скорость и ускорение. При отсутствии сигнала ошибки на входе демодулятора производится его балансировка.

На обмотки возбуждения 1—2, 5—6 двигателя $M1$ подается напряжение, сдвинутое по фазе на 90° относительно управляющего. Сдвиг по фазе осуществляется трансформатором $Tr3$, собранным по схеме Скотта. Напряжение возбуждения снимается с точек 3, 4 трансформатора и подается на двигатель через контакты концевого выключателя $B2$, тумблер $B1$, контакты реле $P1$. Коммутация обмотки возбуждения двигателя $M1$ вызвана необходимостью изменения фазы питающего напряжения на 180° . Это связано с тем, что дискриминатор блока МТМ-52 выделяет сигнал ошибки, полярность которого зависит от сопровождаемой цели. В режиме «Уголковый отражатель» ответный сигнал представляет собой видеоимпульс положительной полярности, а в режиме «Радиозонд» и «Метеоракета» — видеоимпульс отрицательной полярности. Концевой выключатель $B2$ обесточивает двигатель $M1$ в крайних положениях механизма дальности. Тумблер $B1$ отключает питание обмоток возбуждения. Тумблером $B3$ изменяется коэффициент передачи от двигателя $M1$ к фазовращателю $\Phi\delta 1$, а также размыкается кинематическая цепь механизма дальности.

Рассмотрим принцип работы АСД в режиме «Метеоракета».

До пуска ракеты оператор устанавливает координаты предполагаемой точки перехвата по углу места и азимуту. Скорость ответного сигнала по дальности для ракеты выбирается порядка

2000 м/с. Тумблером *B3* система МТМ-50 переводится в режим «Метеоракета», а тумблер *B1* ставится в положение «Автомат». Напряжение +26 В через тумблер *B3* подается на обмотку реле *P4*, которое срабатывает и переводит следящую систему в ждущий режим, при этом:

- с потенциометра *R44* снимается постоянное регулируемое напряжение и через контакты 7—9 реле *P4* и контакты 1—2 реле *P3* прикладывается по цепи фильтра низких частот ко входу УПТ-1 блока МТМ-52;

- напряжение +26 В через контакты 10—12 реле *P4* поступает на обмотку реле *P1* для коммутации напряжения возбуждения двигателя *M1*.

Постоянное напряжение, приложенное ко входу УПТ-1 блока МТМ-52, имитирует сигнал ошибки и создает предварительный разгон механизма дальности. Величина скорости разгона по дальности и истинная скорость цели в точке перехвата не должны отличаться более чем на ± 300 м/с, иначе ответный сигнал от движущейся ракеты не попадет в полустробы и сопровождение не будет обеспечено.

После пуска, приблизительно через 5 с, ракета попадает в зону сканирующей диаграммы направленности антенной системы. Оператор переводит станцию в режим автоматического сопровождения по сферическим координатам. В это же время механизм дальности движется с заданной скоростью в сторону увеличения дальности. Ответный сигнал от ответчика «догоняет» первый по ходу движения полустроб, дискриминатор блока МТМ-52 выделяет сигнал ошибки, который через контакты 4—6 реле *P4* и потенциометр *R38* поступает на реле *P2*. Реле *P2* срабатывает и через его контакты напряжение +26 В подается на реле *P3*, которое срабатывает, при этом:

- реле *P3* через собственные контакты 10—12 ставится на самоблокировку;

- через контакты 13—15 реле *P3* напряжение +26 В поступает на обмотку электромагнитной муфты *Эм1*, замыкается кинематическая цепь между валом двигателя и фазовращателем;

- через контакты 1—3 реле *P3* замыкается АСД, т. е. подключается вход УПТ-1 блока МТМ-53 к выходу катодного повторителя (*Л106*) блока МТМ-52. Система измерения дальности включается в режим автоматического сопровождения цели по дальности. Захват цели по дальности можно производить вручную кнопкой *Кн1* «Захват». Кнопкой *Кн2* «Возврат» при необходимости можно вернуть следящую систему в ждущий режим. Кнопки *Кн1*, *Кн2* и прибор, фиксирующий скорость предварительного разгона механизма дальности, установлены на лицевой панели блока МТМ-53.

Усилитель постоянного тока УПТ-1 блока МТМ-53 с коэффициентом усиления около 10 собран по балансной схеме с малым дрейфом нуля и беспотенциальным входом и выходом.

3.5.8. Система передачи и регистрации данных МТМ-60

Основное назначение системы МТМ-60 — автоматическая передача текущих координат цели, времени полета и фиксация текущих параметров на бумажной ленте регистратора МТМ-62. При выпуске радиозонда дополнительно регистрируются частоты телеметрической информации.

В систему передачи и регистрации данных входят:

- блок сервоусилителей передачи данных МТМ-61;
- блок регистратора МТМ-62;
- блок магнитных усилителей МТМ-63;
- сельсины-датчики грубого и точного отсчетов азимута и угла места, размещенные в антенной колонке МТМ-74;
- сельсины-датчики грубого и точного отсчетов по дальности, расположенные в блоке управления по дальности МТМ-53.

Блоки МТМ-61, МТМ-62, МТМ-63 размещены в стойке главного пульта МТМ-02.

Рассмотрим принцип работы системы передачи и регистрации данных по функциональной схеме (рис. 3.5.13, вкладка).

Передача текущих значений азимута, угла места и дальности на регистрирующее устройство МТМ-62 производится с помощью типовых систем автоматического регулирования (САР).

В РЛС «Метеорит-2» следящая система выполнена по двухканальной схеме. В нее входят следующие элементы: сельсин-датчики грубого и точного отсчетов, суммирующий усилитель датчиков (СУД), фазочувствительный выпрямитель сигнала ошибки (ФЧВ), фазочувствительный выпрямитель обратной связи (ФЧВОС), усилитель постоянного тока, магнитный усилитель, исполнительный двигатель, сельсин-трансформаторы грубого и точного отсчетов. Передачу координат цели можно осуществить в режимах ручного и дистанционного управления и в режиме автоматического сопровождения.

Для примера рассмотрим коротко принцип работы следящей системы по каналу азимута. Допустим, что оператор повернул на некоторый угол антенную колонку (МТМ-74) по азимуту. Угол поворота по кинематическим цепям передался на сельсины-датчики грубого (M_2) и точного (M_1) отсчетов. Сельсин-датчики соединены с соответствующими сельсинами-трансформаторами (M_4, M_5) блока МТМ-62 по трансформаторной схеме. Сигналы рассогласования с частотой 400 Гц подаются на фазосдвигающие цепи блока МТМ-63, в котором размещены суммирующие усилители датчиков. Сигнал рассогласования с сель-

сина-трансформатора ($M4$) грубого отсчета получает усиление в каскаде ($L2a$) и через неоновую лампу ($L6$) прикладывается к усилителю ($L26$). Сюда же поступает сигнал рассогласования с сельсина-трансформатора ($M5$) точного отсчета. При углах поворота антенны более 2° сигнал рассогласования имеет амплитуду напряжения, вполне достаточную для зажигания неоновой лампы ($L6$), внутреннее сопротивление которой резко падает, обеспечивая передачу сигнала на усилитель ($L26$). В этом случае происходит суммирование сигналов, поступающих от сельсинов ($M4$, $M5$). Для устранения ложного устойчивого положения сельсинов, обусловленного передаточным отношением $40:1$, последовательно с напряжением сигнала рассогласования подается напряжение «сбивки». В канал СУД угла места напряжение сбивки не подается, так как угол места меняется от 0 до 90° и сельсины не имеют ложного устойчивого положения. По каналу СУД дальности напряжение сбивки подается, но ввиду того, что передаточное отношение составляет $60:1$, введен дополнительно усилитель $L3a$, который обеспечивает зажигание неоновой лампы при углах рассогласования до $1-2^\circ$.

С выхода СУД напряжение сигнала рассогласования подается на вход фазочувствительного выпрямителя блока МТМ-61, собранного на диодах ($D9-D12$) и представляющего собой шестиполюсник, в котором приложены напряжения сигнала рассогласования и опорное. На нагрузку выделяется постоянное напряжение и после фильтрации подается на УПТ-1. Напряжение обратной связи с двигателя ($M6$) блока МТМ-62 по цепи обратной связи (ОС) поступает на фазочувствительный выпрямитель обратной связи (ФЧВОС), работающий аналогично ФЧВ сигнала ошибка, а с него через фильтр на вход УПТ-1. Напряжения сигнала рассогласования и обратной связи складываются и, получив дополнительное усиление в УПТ-2, подаются на магнитный усилитель (МУ) блока МТМ-63. Магнитный усилитель собран по двухтактной дифференциальной схеме и преобразует суммарное управляющее напряжение в напряжение с частотой 400 Гц. С выхода МУ управляющее напряжение подается на исполнительный двигатель $M6$ блока МТМ-62. Двигатель отрабатывает величину рассогласования, которую ранее ввел оператор, и поворачивает роторы сельсинов ($M4$, $M5$) и наборный механизм.

В режиме «Автомат» следящая система замыкается и непрерывное изменение положения цели подслеживается также непрерывно. Для стабилизации системы, т. е. для устранения качания исполнительного двигателя, введена регулируемая обратная связь.

Блок МТМ-62 (6 на рис. 3.5.9) выполняет функции регистрирующего устройства — фиксирует на бумажной ленте текущие

координаты цели, время полета, метеоданные. Печать координат цели и времени ее полета оператор может задать с темпом 5 или 30 с. В положении тумблера *B5* «5 с» реле *P4* обесточено и управление тиратронных каскадов печати (*Л5*, *Л8*) производится контактной группой *КП3*, а в положении тумблера *B5* «30 с» срабатывает реле *P4* и коммутацию каскадов печати осуществляет контактная группа *КП4*. Контактные группы *КП1—КП6* и синхронный двигатель *M11* образуют коммутатор, питание на который подается из блока *МТМ-44*. Включение и остановка двигателя возможно кнопками «Пуск» и «Стоп» блока *МТМ-62*. При дистанционном управлении с пульта *МТМ-76* второй оператор кнопкой «Пуск» также включает двигатель *M11*. При включении срабатывает реле *P1* и своими контактами 4—6 блокирует кнопку «Пуск».

Схема управления печатающими устройствами состоит из тиратронных каскадов печати (*Л5*, *Л6*, *Л7*, *Л8*), реле *P4* и контактных групп *КП3—КП6* коммутатора. Электромагниты печати фиксируют следующие данные: *ЭМ9* — текущее время, *ЭМ12* — угол места, *ЭМ13* — азимут, *ЭМ14* — наклонную дальность, *ЭМ10* — тысячи и сотни метеоданных, *ЭМ11* — единицы и десятки метеоданных. Электромагнитами *ЭМ9*, *ЭМ12*, *ЭМ13*, *ЭМ14* управляет коммутатор через тиратроны (*Л5*, *Л8*), а электромагниты *ЭМ10*, *ЭМ11* управляются тиратронами печати (*Л6*, *Л7*) по команде импульсами, поступающими из системы счета *МТМ-40*. Тиратроны питаются постоянным напряжением +500 В с выпрямителями (*Л1*), собранного по двухполупериодной схеме.

Схема набора времени состоит из тиратронов (*Л3*, *Л4*), электромагнитов печати (*ЭМ7*, *ЭМ8*), наборного механизма времени, контактных групп *КП1*, *КП2*. В исходном состоянии тиратроны заперты напряжением смещения около —12 В. Кулачковый механизм поочередно подключает катод и вторую сетку тиратронов на корпус через контактные группы *КП1* или *КП2*, вызывая срабатывание электромагнитов. Наборные механизмы, выполняющие роль счетчиков, такие же, как и в РЛС «Метеор». Механизмы набора сотен и тысяч метеоданных состоят из дифференциально-реечных механизмов и выполняют те же функции, что и в РЛС «Метеор» и «Метеорит». При наборе опорной частоты более 1000 Гц срабатывает электромагнит *ЭМ5*, кратковременно загорается неоновая лампа «Контроль частоты» и подается звуковой сигнал на телефон *T1*.

Механизм протягивания бумажной ленты кинематически связан с двигателем *M10*, получающим питание через контакты 4—3 реле *P3* с трансформатора *Tr2*. Механизм протягивания имеет два режима работы: непрерывный и дискретный. Дискретное протягивание бумажной ленты осуществляется только

в режиме «Угловой отражатель» (УО) при темпе регистрации координат 30 с. В положении тумблера *B5* «Период рег.» напряжение +26 В через контакты 4—5 реле *P4* поступает на обмотку реле *P3*. Цепь питания реле *P3* замыкается через контактную группу *КП6*, которая в свою очередь управляется двигателем *M11* коммутатора. В момент замыкания контактной группы *КП6* срабатывает реле *P3* и разрывает своими контактами 3—4 цепь питания двигателя *M10*. Двигатель останавливает протяжку бумажной ленты. Через 30 с контактная группа *КП6* размыкается на 5—6 с, реле *P3* выключается и двигатель *M10*, получив питание, протягивает бумажную ленту в течение 5—6 с. Далее цикл повторяется.

В режиме «5 с» напряжение +26 В подается на реле *P4*, но его контакты 4—5 разомкнуты, поэтому реле *P3* не срабатывает, обеспечивая непрерывное питание двигателя *M10*.

Механизм протягивания красящей ленты конструктивных изменений в РЛС «Метеорит-2» не получил, принцип его работы остался таким же, как в РЛС «Метеор», «Метеорит».

Регистрация единиц и десятков метеоданных осуществляется с помощью электромеханического устройства (рис. 3.5.14).

Спиральный барабан с базовым расстоянием 100 мм между двумя кольцевыми ребрами вращается с постоянной скоростью 1 об/с от двигателя *M10*. С осью вращения спирального барабана кинематически связаны диски индукционных датчиков (*Э1*, *Э2*), выполненные из электротехнической стали со специальными прямоугольными зубьями. Один диск имеет пять зубьев, второй — один зуб. Зазор между зубом и магнитопроводом датчика устанавливается 0,01—0,05 мм. При вращении с индукционных датчиков снимаются импульсы. За один оборот спирального барабана с датчика *Э1* снимается 100 импульсов, с датчика *Э2* — 20 импульсов. Для нормальной работы схемы формирования импульсов печати единиц и десятков с датчика *Э2* должен сниматься только один импульс, жестко привязанный к нулевой отметке спирального барабана.

Селекцию импульса осуществляет контактная группа *КП8*, которая замыкается в момент совпадения с нулем спирального барабана. Импульс нуля (1 Гц) и импульсы спирального барабана (100 Гц) поступают в блок МТМ-41 для формирования импульса печати единиц и десятков метеоданных.

Процесс протекает следующим образом. Электронный счетчик единиц и десятков полученный результат счета переписывает в регистр добора сразу же после окончания действия импульса счета. На счетный вход регистра добора с момента прихода импульса нуля подаются импульсы спирального барабана, которые дополняют записанный результат счета до числа 99.

Сотым импульсом регистр добора сбрасывается на нуль, образуя на выходе перепад напряжения, который используется для формирования импульса печати единиц и десятков. Импульс печати поступает в блок МТМ-62, на тиратрон (Л17), вызывая срабатывание электромагнита ЭМ11. Зафиксированная точка соответствует числу, переписанному ранее в регистр добора.

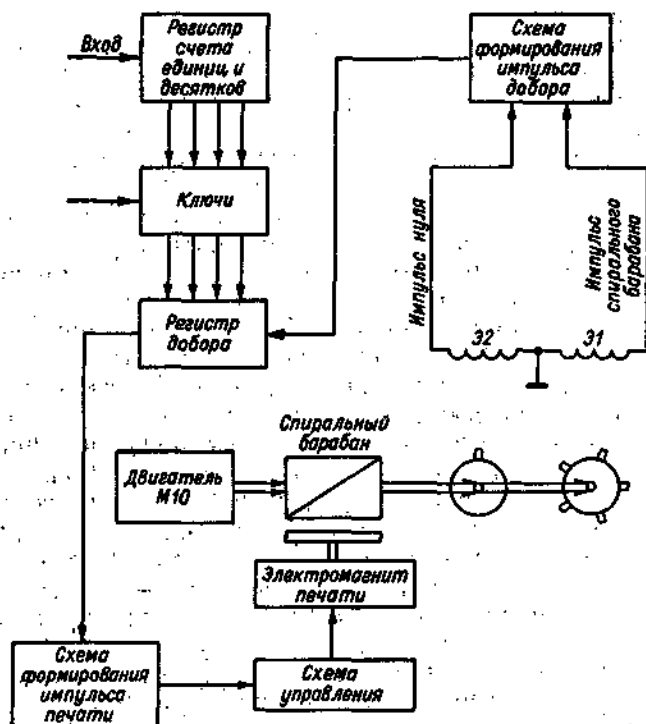


Рис. 3.5.14. Функциональная схема регистрации метеоданных единиц и десятков.

Добор регистра до 100 ведется при таком вращении спирального барабана, что ожидаемая точка момента печати движется от 100 единиц к нулю. Поэтому значение числа, отсчитанное от левой базовой отметки, будет соответствовать числу, переписанному из электронного счетчика в регистр добора. Для исключения печати ложных точек система счета блокируется, если результат счета не подтвердится дважды. Это связано с конструкцией радиозонда РКЗ-5, коммутатор которого в момент перехода с ламели на ламель дает всегда ложную частоту.

3.5.9. Система управления антенной МТМ-70

Система обеспечивает перемещение антенны по углу места и азимуту. Для управления положением антенны станция «Метеорит-2» имеет три режима работы: ручное, автоматическое и дистанционное. Ручное или дистанционное управление антенной осуществляет оператор, при автоматическом управлении участие оператора не требуется, так как следящая система находится в замкнутом состоянии.

В систему управления антенной входят:

- блок управления антенной МТМ-71;
- блок фазочувствительных выпрямителей и усилителей МТМ-72;
- блок магнитных усилителей МТМ-73;
- антенная колонка МТМ-74;
- блок автоматического сопровождения по угловым координатам МТМ-75;
- пульт дистанционного управления МТМ-76;
- индикаторные сельсины по углу места и азимуту, расположенные в блоке МТМ-63;

В стойке главного пульта МТМ-02 (см. рис. 3.5.9) размещены блоки МТМ-71, МТМ-72, МТМ-73, МТМ-75. Антенная колонка устанавливается на крыше здания, а пульт дистанционного управления МТМ-76 размещается от него на расстоянии около 20 м.

В режиме автоматического сопровождения следящая система управляется сигналом ошибки, образующимся за счет амплитудной модуляции полезного сигнала вращающейся диаграммой направленности с частотой 24 Гц. Смещение цели относительно электрической оси антенны создает, помимо амплитудной модуляции, фазовый сдвиг огибающей, зависящий от направления смещения. В системе управления антенной сигнал ошибки по угловым координатам разделяется на два канала, потом преобразуется в управляющее напряжение и подается на исполнительные двигатели. Двигатели поворачивают антенну по углу места и азимуту до совмещения цели с электрической осью антенны. Система управления антенной при автоматическом сопровождении может работать в режимах с широкой или узкой полосой пропускания. Выпущенная в свободный полет цель, как правило, имеет в ближней зоне большие угловые скорости и ускорения. Для уменьшения динамических нагрузок на силовой привод, а также для исключения ошибок в определении угловых координат следящая система переводится оператором в режим работы с широкой полосой пропускания, 0,6—1,2 Гц. При удалении цели на расстояние около 10 км от РЛС, когда угловые скорости и ускорения незначительны, следящая

система переводится в режим работы с узкой полосой пропускания, 0,1—0,3 Гц. В этом режиме исключаются случайные ошибки.

В режиме ручного управления антенной оператор при вращении штурвалов создает сигналы рассогласования на выходе сельсинов-трансформаторов, которые после преобразования подаются на исполнительные двигатели. Двигатели поворачивают антенну до положения, когда сигналы рассогласования обратятся в нуль.

В режиме дистанционного управления используется также сельсин-трансформаторная схема, создающая сигналы рассогласования. При наведении оптического визира пультом дистанционного управления МТМ-76 на цель статоры сельсинов наведения поворачиваются и сигналы рассогласования подаются для преобразования в систему МТМ-70. Исполнительные двигатели отрабатывают сигналы рассогласования и антенная система поворачивается в направлении перемещения оптического визира.

Рассмотрим принцип работы системы управления антенной (рис. 3.5.15, вкладка).

Станция «Метеорит-2» рассчитана на сопровождение радиозонда или уголкового отражателя (радиопилота). Следящие системы по угловым координатам в обоих режимах работают практически одинаково.

В режиме «Радиозонд» с выхода блока МТМ-33 поступает полезный сигнал радиозонда с частотой 465 кГц, промодулированный по амплитуде частотой 24 Гц вращающейся диаграммой направленности антенны.

В режиме «Угловой отражатель» с выхода блока МТМ-32 на вход системы управления антенной подается полезный сигнал, представляющий собой импульсы частоты повторения станции, промодулированные по амплитуде частотой 24 Гц.

При переходе в режим автоматического сопровождения оператор нажимает кнопку *Кн3* «Автомат» на блоке МТМ-71 или второй оператор нажимает кнопку *Кн2* «Автомат» на пульте дистанционного управления МТМ-76. Напряжение +26 В подается на обмотку реле *Р4*, реле срабатывает и через свои контакты 7—9, а также через нормально замкнутые контакты 10—11 реле *Р3*, контакты 4—5 реле *Р2* блокирует кнопку *Кн3* «Автомат». При этом цепи кнопок *Кн1* «Ручное» и *Кн2* «Дистанционное» разрываются. Лампы подсвета (*Л3*) «Автомат» блока МТМ-71 и (*Л2*) «Автомат» пульта дистанционного управления МТМ-76 получают питание 6,3 В, 400 Гц через контакты 16—18 реле *Р4*.

На резонансный усилитель (*Л1*) блока МТМ-75 поступает сигнал с частотой 465 кГц, промодулированный по амплитуде частотой 24 Гц. После усиления лампой (*Л1*) полезный сигнал

прикладывается к диоду ($D1$), собранному по схеме параллельного детектора. Детектор выделяет огибающую сигнала ошибки с частотой 24 Гц и через контакты 7—8 реле $P1$ подает на вход схемы ($L2a$, $L3$) быстродействующей автоматической регулировки усиления (БАРУ), которая устраняет влияние паразитной модуляции на точность сопровождения по угловым координатам. Лампа ($L3$) имеет характеристику с переменной крутизной, а каскад ($L2a$) расширяет рабочий диапазон БАРУ.

С выхода через контакты 3—4 реле $P1$ сигнал ошибки с частотой 24 Гц подается на резонансный усилитель ($L26$), который настроен на частоту основной гармоники. Выходное напряжение усилителя приложено к потенциометру $R24$, позволяющему регулировать уровень сигнала. Сигнал ошибки через контакты 7—8 и 3—4 реле $P2$ подается на усилитель ($L4$) переменного тока, в анодные цепи которого включены первичные обмотки трансформаторов ФЧВ каналов азимута и угла места, расположенных в блоке МТМ-72. Одновременно к ФЧВ прикладывается опорное напряжение 24 Гц с генератора опорных напряжений (ГОН).

На выходе ФЧВ каналов угла места и азимута выделяются постоянные напряжения, пропорциональные угловым ошибкам отклонения цели от пеленга. Эти напряжения через фильтры с широкой или узкой полосой пропускания поступают на УПТ-1 ($L1$, $L3$). Коммутация фильтров осуществляет реле $P2$ через тумблер $B1$ «Широкая—узкая» блока МТМ-71. Получив дополнительное усиление в УПТ-2 ($L2$, $L4$), постоянное напряжение подается на управляющие обмотки МУ блока МТМ-73. Исполнительные двигатели отрабатывают сигналы ошибок по каналам угла места и азимута. Контроль напряжения на управляющих обмотках двигателей ведется по приборам $ИП1$, $ИП2$. Следящая система каждого канала охвачена обратной связью, которая снимается с выхода тахогенератора и подается на ФЧВОС и через фильтры — на вход УПТ-1. В УПТ-1 напряжения сигнала ошибки и обратной связи суммируются. Фаза напряжения обратной связи подобрана так, чтобы устранять автоколебания антенны.

В режиме «Угловой отражатель» с выхода блока МТМ-32 поступают импульсы с частотой РЛС, промодулированные по амплитуде частотой 24 Гц сканирующей диаграммой направленности антенны. Пиковый детектор ($D2$) выделяет огибающую сигнала ошибки и через контакты 6—7 реле $P1$ подает на вход БАРУ. С выхода БАРУ через контакты 4—5 реле $P1$ напряжение сигнала ошибки приложено к резонансному усилителю 24 Гц ($L26$). Далее сигнал ошибки разветвляется по каналам угла места и азимута, следящие сигналы которых работают аналогично режиму «Радиозонд».

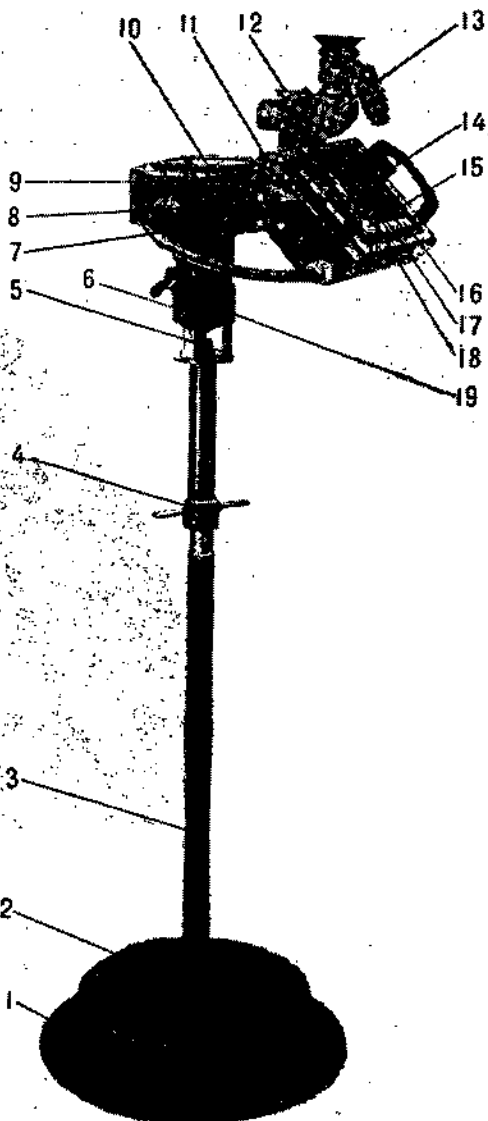
В режиме «Радиозонд» или «Угловой отражатель» с резонансного усилителя 24 Гц (*Л26*) сигнал ошибки подается на схему индикации ошибки пеленга каналов угла места и азимута. После усиления каскадами (*Л5а*, *Л5б*) усилителей сигнал ошибки поступает на ФЧВ, к которым подводится опорное напряжение с ГОН через трансформаторы *Тр1*, *Тр6*. Постоянные напряжения на выходе ФЧВ каждого канала регистрируются стрелочными приборами *ИП2*, *ИП3*, по которым оператор визуально определяет ошибку пеленга.

В режиме «Автомат» на роторные обмотки *P1*, *P2*, *P3* сельсинов *M1*, *M2* блока МТМ-71 подается напряжение возбуждения 110 В, 400 Гц через нормально замкнутые контакты 1—2, 4—5, 7—8, 10—11, 13—14, 16—17 реле *P1*. Одновременно напряжение возбуждения поступает на роторные обмотки сельсинов-датчиков *M4*, *M15* ручного управления (РУ) по углу места и азимуту, которые расположены в антенной колонке МТМ-74. Статорные обмотки сельсинов-датчиков *M4*, *M15* блока МТМ-74 соединены со статорными обмотками сельсинов *M1*, *M2* блока МТМ-71. Роторы сельсинов *M1*, *M2* отключены от штурвалов ручного управления электромагнитными муфтами *ЭМ1*, *ЭМ2* и сельсины работают в режиме подслеживания. Индикацию положения антенны осуществляют сельсины-приемники блока МТМ-63, связанные с сельсинами-датчиками блока МТМ-74.

Оператор, нажимая кнопку *Kn1* «Ручное» на блоке МТМ-71, переводит станцию в режим ручного управления антенной. При этом включаются реле *P1*, *P2* в блоке МТМ-71 и реле *P2* в блоке МТМ-75, обесточиваются реле *P3*, *P4* в блоке МТМ-71 и реле *P1* в блоке МТМ-72. Через контакты 16—18 реле *P2* напряжение +26 В включает электромагнитные муфты *ЭМ1*, *ЭМ2*, которые соединяют роторы сельсинов *M1*, *M2* со штурвалами угла места и азимута. При этом сельсины *M1*, *M2* включаются в трансформаторный режим и с их роторных обмоток снимаются сигналы рассогласования с частотой 400 Гц. При вращении штурвала азимута напряжение рассогласования через контакты 1—3, 7—9 реле *P1*, делитель напряжения *R1*, *R2*, контакты 1—2 реле *P3* блока МТМ-71 и контакты 5—4 реле *P2* блока МТМ-75 подается на усилитель (*Л4*), далее на ФЧВ канала азимута блока МТМ-72. Через нормально замкнутые контакты реле *P1* с трансформатора *Тр9* на ФЧВ прикладывается опорное напряжение с частотой 400 Гц. В режиме ручного управления антенной работа следящих систем осуществляется только при широкой полосе пропускания фильтров. С выхода ФЧВ канала азимута напряжение рассогласования поступает на вход УПТ, далее через фильтр — на МУ. Исполнительный двигатель *M8* поворачивает антенну до тех пор, пока сигнал рассогласования на выходе сельсин-трансформаторной схемы

Рис. 3.5.16. Пульт дистанционного управления МТМ-76.

1 — плита, 2 — колпак основания, 3 — кольцевая крышка, 4 — стойка, 5 — гайка, 6 — ручка, 7 — крышка, 8 — кнопка «Автомат» (Кн2), 9 — кнопка «Пуск» (Кн3), 10 — шкала, 11 — уровень, 12 — прицел для грубой наводки, 13 — оптический визир, 14 — стопор по углу места, 15 — кнопка «Дистанционное» (Кн1), 16 — сигнальная лампа «Пуск», 17 — сигнальная лампа «Автомат», 18 — сигнальная лампа «Дистанционное», 19 — стопор по азимуту.



не обратится в нуль. Следящая система по углу места в режиме ручного управления работает аналогично, но имеет схему ограничения движения антенны. Микровыключатели В5, В6, установленные в антенной колонке, срабатывают при подходе антенны к одному из упоров, цепь сигнала ошибки закорачивается на корпус и одновременно подается жесткая обратная связь.

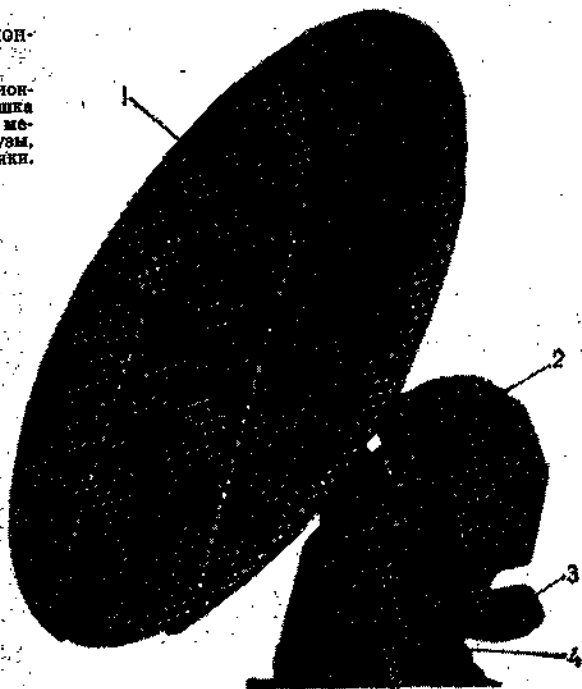
Положение антенны по азимуту и углу места фиксируют сельсины-индикаторы блока МТМ-63.

Второй оператор нажатием кнопки Кн1 «Дистанционное» на блоке МТМ-76 переводит систему МТМ-70 в режим дистанционного управления. Включается реле Р3 в блоке МТМ-71 и реле Р2 в блоке МТМ-75. Реле Р1, Р2, Р4 блока МТМ-71 и реле Р1 блока МТМ-72 обесточены. Напряжения рассогласования снимаются с сельсинов наведения М1, М2 пульта дистанционного управления МТМ-76 (рис. 3.5.16). В качестве дающих сельсинов используются сельсины-индикаторы М6, М17 антенной колонки. На выходе сельсин-трансформаторных схем М1—М6, М2—М17 при вращении блока МТМ-76

появляются напряжения рассогласования с частотой 400 Гц, которые через контакты 4—6, 1—3 реле *P3* блока МТМ-71 и контакты 5—4, 6—7 реле *P2* блока МТМ-75 подаются на вход усилителя (*Л4*). Работа следящих систем в режиме «Дистанционное» протекает аналогично режиму ручного управления антенной.

Рис. 3.5.17. Антенная колонка МТМ-74.

1 — рефлектор с поляризационным фильтром, 2 — крышка сельсинного привода угла места, 3 — балансировочные грузы, 4 — постамент антенной колонки.



В антенной колонке МТМ-74 (рис. 3.5.17, 3.5.18) размещены элементы системы управления, передачи и регистрации данных:

- сельсины-датчики регистрации точного отсчета азимута *M1* и угла места *M12* типа БД-160А;
- сельсины-датчики регистрации грубого отсчета азимута *M1* и угла места *M13* типа БД-160А;
- сельсины-датчики ручного управления азимута *M4* и угла места *M15* типа БД-160А;
- сельсины-датчики индикации точного отсчета азимута *M5* и угла места *M16* типа БД-160А;
- сельсины-датчики индикации грубого отсчета азимута *M6* и угла места *M17* типа БД-160А;

сельсины-трансформаторы для снятия амплитудно-частотных характеристик (АЧХ) азимута *M3* и угла места *M14* типа СС-405;

— тахогенераторы азимута *M7* и угла места *M18* типа ТГ4;

— исполнительные двигатели азимута *M8* и угла места *M19* типа ДАД8-300/400;

— двигатель ГОН *M11* типа ДАК8-300/400.

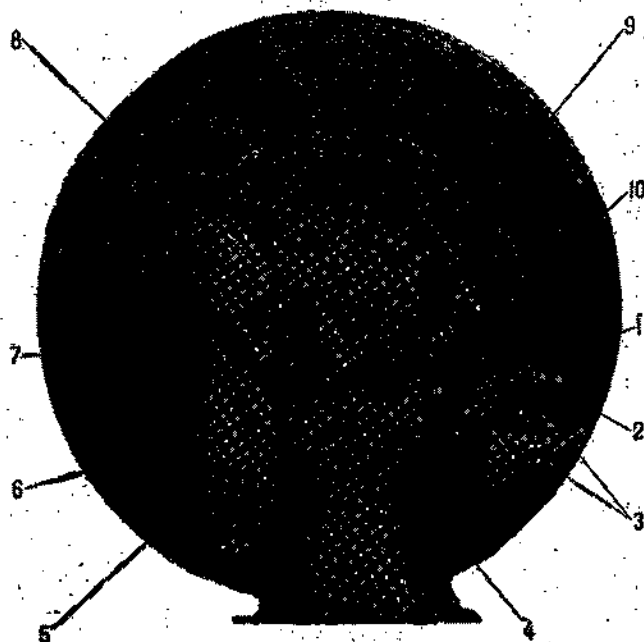


Рис. 3.5.18. Антенная колонка МТМ-74 (вид сзади).

1 — силовой привод угла места, 2 — кожух торсионного устройства, 3 — исполнительный двигатель угла места ДАД8-300/400 с вентилятором ДАК8-50/400; 4 — азимутальный тормоз; 5 — сельсинный привод; 6 — угломестное вращающееся сочленение АФС; 7 — рефлектордержатель; 8 — ГОН, 9 — двигатель ГОН; 10 — угломестная головка.

Конструкция и принцип работы антенной колонки МТМ-74 такие же, как и антенной колонки станции «Метеор».

Следует отметить, что антенная колонка вращается исполнительным двигателем по азимуту через редуктор с передаточным отношением 1500 : 1, а передаточное отношение от угломестной оси антенны до оси двигателя составляет 1470 : 1, что, безусловно, определяет скорость обработки сигнала ошибки антенной колонкой.

3.5.10. Система электропитания МТМ-80

Система электропитания обеспечивает все системы РЛС необходимыми напряжениями. Система МТМ-80 содержит:

- шкаф управления питанием МТМ-81;
- выпрямитель опорных напряжений МТМ-82;
- блок питания системы счета и приемной системы МТМ-84;
- блок питания систем регистрации, дальности и управления антенной МТМ-85;

- блок питания генератора накачки МТМ-87;
- блок питания электродов ЭПУ МТМ-88;
- блок питания соленаода ЭПУ МТМ-89;
- панель управления питанием МТМ-04;

В главном пульте МТМ-02 размещены блоки МТМ-82, МТМ-84, МТМ-85 и МТМ-04. В стойке МТМ-03 (рис. 3.5.19) установлены блоки МТМ-87, МТМ-88, МТМ-89. Шкаф управления питанием МТМ-81. Устанавливается на стене аппаратного помещения. Трехфазное напряжение 220 В, 400 Гц подается на МТМ-81 для коммутации по основным системам РЛС. Все источники питания имеют контрольные гнезда и потенциометры регулировок, вынесенные на лицевые панели блоков, что облегчает

Рис. 3.5.19. Общий вид стойки МТМ-03 с блоками.

1 — блок питания электродов ЭПУ МТМ-88; 2 — блок питания генератора накачки МТМ-87; 3 — блок питания соленаода ЭПУ МТМ-89; 4 — блок питания системы счета и приемной системы МТМ-84; 5 — панель управления питанием МТМ-04.

обслуживание станции. Система питания не имеет существенных отличий от системы питания станции «Метеорит» и поэтому здесь не рассматривается.

3.5.11. Основные отличия РЛС «Метеорит-2» от РЛС «Метеор и «Метеорит»

Станция «Метеор» удобна для проведения экспедиционных работ так как вся аппаратура размещена в специальной кабине, но она имеет ограниченную площадь кабины, требует в период эксплуатации дополнительных затрат на ремонт кузова, ходовой части и гидравлической системы.

В настоящее время аэрологическая сеть Гидрометслужбы СССР оснащена главным образом радиолокационными станциями типа «Метеорит». Они установлены в отапливаемых помещениях с достаточной полезной площадью. Это облегчает обслуживающему персоналу проведение оперативных и профилактических работ.

Многолетний опыт эксплуатации станций типа «Метеор», «Метеорит» показал, что в некоторые периоды года радиозонды быстро достигают максимальной дальности и ответный сигнал «уходит» по шкале дальности за 150 км. В этом случае оператор вынужден «возвращать» дальность к нулю, заново находить ответный сигнал и переводить следящую систему по дальности в режим автоматического сопровождения.

Недостаточная чувствительность приемного тракта, а также изменение частоты 800 кГц вызывали «разброс» метеоданных, что вело к отбраковке полученной информации. При разработке станции «Метеорит-2» в основном решалась задача повышения чувствительности приемной системы МТ-30. Для диапазона рабочих частот в станции «Метеор» был применен параметрический усилитель типа ЭПУ-6.

Введение в схему ЭПУ потребовало ряда конструктивных изменений. ЭПУ установлен на одной оси с магнетроном, согласование коэффициентов бегущей волны всей АФС обеспечено отрезком волновода. Была разработана отдельная стойка питания МТМ-03, обеспечивающая ЭПУ-6 необходимыми напряжениями.

В стойке МТМ-03 размещен генератор накачки, а на лицевых панелях — приборы контроля. Ввиду того что ЭПУ стал выполнять функцию разрядника, отпала необходимость защиты приемного тракта с помощью разрядной камеры, применяемой в РЛС «Метеор». Правда, разрядная камера с установленными на ней ВЧ разъемами стала использоваться в качестве полосового перестраиваемого фильтра по цепи сигнала с несущей частотой 1782 МГц. Первая промежуточная частота, как и в РЛС «Метеор», «Метеорит», была принята равной 30 МГц. Это в свою очередь позволило сохранить схему и конструкцию гетеродина блока МТ-31, конструкцию смесительной камеры, схему ПУПЧ блока МТ-31 и часть каскадов УПЧ блока

МТ-32. На смесительную камеру установили ВЧ разъемы и разместили ее в блоке МТ-31. В качестве смесителя применен диод типа ДКС-7М, имеющий меньший коэффициент шума по сравнению с диодом типа Д-403В. Введение ЭПУ-6 позволило также значительно повысить чувствительность приемного тракта.

Одновременно был использован и другой способ повышения чувствительности приемного тракта — за счет увеличения коэффициента направленного действия антенны. Применение параболоида диаметром 2,5 м позволило сузить диаграмму направленности антенны на 2° . Но параболоид такого диаметра потребовал увеличения высоты антенной колонки, изменения передаточных отношений силовых редукторов по азимуту и углу места, изменения фокусного расстояния антенны и увеличения длины облучателя МТ-26.

Расчеты показали, что антенная колонка может нормально работать при скоростях ветра до 25 м/с. Для исключения аварий антенной колонки была разработана специальная ветрозащита в виде радиопрозрачного обтекателя. В радиозонде РКЗ-5 была увеличена длительность пауз в излучении СВЧ и понижены все коммутируемые частоты почти вдвое, что в свою очередь позволило сузить полосу пропускания приемного тракта МТ-30 и тем самым увеличить его помехозащищенность. В приемном тракте введено дополнительное преобразование частоты 800 кГц и выделение промежуточной частоты 465 кГц. Известно, что во время полета радиозонда вспомогательная частота 800 кГц может изменяться в довольно широких пределах. Поэтому введение в приемный тракт узкополосного усилителя с подстройкой на частоте 800 кГц позволило сохранить и улучшить работоспособность КУА РЗ и системы счета. Помимо этого, отпала необходимость жесткого контроля передатчика радиозонда по частоте 800 кГц перед выпуском. Принцип работы системы перепада напряжения был сохранен. Для облегчения работы обслуживающего персонала во время оперативного выпуска приемная система МТМ-30 снабжена общей схемой АРУ, схемой АПЧ по частоте 30 МГц, схемой АПЧ и АРУ по частоте 800 кГц.

Повышение чувствительности РЛС «Метеорит-2» позволило увеличить радиус ее действия до 300 км при сопровождении радиозонда. Поэтому частоту запуска передатчика следовало понизить до 416 Гц. В систему дальности МТ-50 введен дополнительно один делитель частоты, изменены схема санатрона и потенциометра дальности, обеспечивающие достаточную линейность развертки по дальности в диапазоне от 0 до 300 км. Применение ЭПУ-6 с малым временем восстановления и введение маломощного передатчика позволило начинать сопровож-

дение радиозонда по дальности со 100 м, т. е. практически сохранена информация о приземном слое атмосферы. В основном принцип работы системы дальности МТ-50 сохранен полностью в новой разработке РЛС «Метеорит-2».

Передающая система МТМ-10 имеет совершенно новую конструкцию. Введены два передатчика с разными уровнями запросной мощности и переделана схема их коммутации. Высоковольтный выпрямитель мощного передатчика выполнен на кремниевых диодах, что позволило изъять блок И-13. В качестве модулятора мощного передатчика использован тиратрон, изменена схема регулировки высокого напряжения, введена формирующая линия.

Наибольшие изменения коснулись системы счета МТ-40. Электронные счетчики получили дополнительные запоминающие регистры и такую систему разрешения печати, при которой на ленте регистратора фиксируются достоверные данные метеоинформации. Коммутирующие ламповые диоды типа 6Х2П заменены полупроводниковыми диодами. В системе регистрации изъят дифференциально-речный механизм единиц и десятков, введена система добора, что позволило изменить темп регистрации метеоданных. Осуществлено дискретное протягивание бумажной ленты в режиме «Угловой отражатель». Шкалы дальности на блоках МТМ-53, МТМ-62 и наборный механизм дальности получили оцифровку от 0 до 300 км. В системе счета МТМ-40 блоки МТ-43, МТ-44 не претерпели существенных изменений.

Система управления антенной МТ-70 дополнена режимом дистанционного управления с помощью выносного пульта МТМ-76, что помогает второму оператору наводить антенну РЛС «Метеорит-2» на цель, переводить следящую систему в режим автоматического сопровождения по сферическим координатам и одновременным нажатием кнопки «Пуск» фиксировать начало выпуска. Используются сельсины бесконтактного типа, введены две полосы пропускания частот фильтра: узкая и широкая, изъят режим секторного поиска, частично изменена схема коммутации на блоке МТ-71.

Конструкция главного пульта МТ-02 не претерпела изменений, за исключением двух новых блоков, установленных в свободных ячейках.

В блоке МТМ-32 новые схемы собраны на субпанелях, что не повлекло больших конструкторских доработок шасси. В блоке МТМ-31 на отдельной субпанели установлено устройство встроенного контроля, значительно облегчающее работу обслуживающего персонала.

3.5.12. Монтаж и настройка станции «Метеорит-2»

Монтаж станции ведут специалисты экспериментальных мастерских ЦАО по следующему плану.

1. Знакомятся с актом приемной комиссии, подтверждающим надежность перекрытий аппаратного помещения.

2. Осматривают помещения, площадку под установку антенной колонки. Одновременно проверяют расположение и размеры потолочного отверстия, состояние защитного ограждения, наличие заземляющего контура и ввод силового кабеля.

3. Вскрывают аппаратуру, проверяют совместно со штатом станции ее комплектацию, фиксируют обнаруженные дефекты, возникшие при транспортировке.

4. Консультируют группу такелажников при подъеме антенной колонки МТМ-74 и главного пульта МТМ-02. Для облегчения главного пульта блоки предварительно демонтируют.

5. Предварительно размещают аппаратуру так, чтобы обеспечить техническому персоналу удобство при эксплуатации станции. Размечают трассы для укладки соединительных кабелей.

6. Окончательно крепят стойку главного пульта МТМ-02, шкаф управления питанием МТМ-81, стойку передатчиков МТМ-10, стойку питания ЭПУ МТМ-03, выносную антенну малоомощного передатчика. Устанавливают ЭПУ-6 на кронштейне к стойке передатчиков МТМ-10.

7. Устанавливают антенную колонку МТМ-74 и собирают основной тракт АФС.

8. Подключают кабели согласно схемам, прилагаемым заводом-изготовителем. Весь монтаж закрывают декоративными панелями.

9. Выбирают места для установки стоек для пульта дистанционного управления МТМ-76 и монтируют пульт.

Настройка станции проводится сразу же после окончания монтажа. Она заключается в основном в проверке работоспособности систем, уточнении основных режимов, выявлении и устранении неисправностей. Работы по настройке станции выполняются в соответствии с Инструкцией по эксплуатации станции «Метеорит-2», присылаемой заводом-изготовителем:

1. Проверяют заземляющий контур и качество заземления агрегатов питания, антенной колонки и стойки главного пульта.

2. Измеряют изоляцию токоведущих цепей согласно протоколу завода-изготовителя с целью исключения короткого замыкания при первичном включении станции.

3. Включают преобразователь ВПЛ-30 и определяют порядок чередования фаз.

4. Включают станцию и уточняют номинальные величины напряжений источников питания.

5. Проверяют направления вращения вентиляторов и ГОНа.

6. Горизонтируют антенную колонку. Включают систему управления антенной в режиме «Ручное» и определяют отработку автоматикой сигналов рассогласования по углу места и азимуту. Одновременно контролируют согласование сельсинов антенной колонки МТМ-74 и системы регистрации МТМ-60.

7. Проверяют в системе регистрации: печать, ход красящей и бумажной лент, точность согласования нулей счетчиков по всем координатам.

8. Выбирают рабочую зону генерации клистрона и измеряют его частоту. Включают передатчик и настраивают приемный тракт в режиме «Угловой отражатель», добиваясь паспортного значения «звона».

9. Настраивают маломощный передатчик и проверяют по формуляру станции полученные данные.

10. Настраивают приемную систему по устройству встроенного контроля и уточняют выбранные режимы по радиозонду, установленному неподвижно на расстоянии около 100 м от радиолокационной станции.

11. Проверяют работоспособность стойки МТМ-03, устанавливают режимы источников питания ЭПУ-6, настраивают генератор накачки.

12. Фазируют ГОН по местному предмету и проверяют работу автоматики по всем трем координатам. Уточнение фазировки ГОНа проводят по радиозонду, установленному около РЛС.

13. Ориентируют станцию по выбранной мере, выставляют нуль вертикального угла, нуль дальности.

14. Испытывают пульт дистанционного управления МТМ-76 в начальной стадии пуска. Выпускают радиозонд, проверяют параллельность электрической и оптической осей.

15. Устраняют скачок по дальности при переходе с маломощного передатчика на мощный. Уточняют установку нуля дальности.

В процессе настройки станции проходит дополнительный прогон, что определяет в дальнейшем ее надежность. Совместно со штатом станции проводится несколько выпусков радиозонда типа РКЗ-5, после обработки которых аэрологи дают свое заключение и рекомендации.

3.5.13. Профилактические и ремонтные работы

После настройки РЛС «Метеорит-2» штат аэрологической станции приступает к регулярным оперативным наблюдениям.

Необходимо помнить, что техническое состояние станций, ее работоспособность и долговечность зависят от соблюдения следующих правил.

1. Порядок включения и выключения станций, необходимую настройку перед пуском все операторы должны выполнять в строгом соответствии с инструкцией по эксплуатации.

2. Регулярно проверять настройку и регулировку блоков и систем, не допуская отклонения от режимов, зафиксированных в формуляре станций.

3. Систематически осматривать узлы и блоки станций, поддерживая чистоту монтажа, устранять коррозию металлических поверхностей.

4. Поддерживать нормальную температуру внутри помещения.

5. Замеченные неисправности устранять немедленно, фиксируя их в формуляре станций.

6. Своевременно проводить профилактические мероприятия.

Профилактические мероприятия, рекомендуемые заводом-изготовителем, направлены на поддержание работоспособности станций и ее надежности. Они подразделяются на ежедневные, еженедельные, ежемесячные и ежегодные.

Ежедневно оператор должен устранять влагу и проверять работоспособность систем станций перед оперативным пуском. В процессе включения и настройки станций оператор замечает возникшие отклонения, сообщает инженеру и принимает участие в устранении дефекта. Работу вентиляторов оператор обязан контролировать ежедневно.

К еженедельным профилактическим мероприятиям относятся следующие.

1. Проверка надежности крепления штепсельных разъемов и контактов, особенно по высоковольтным цепям.

2. Удаление пыли, влаги без вскрытия поддонов и без отключения межблочных кабелей.

3. Проверка смазки механизмов печати регистратора МТМ-62, замена красящей ленты (через каждые 50—60 ч работы).

4. Проверка срабатывания временных реле в блоках МТМ-62, МТМ-87, МТМ-88 и на пульте МТМ-04.

Ежемесячно на станциях необходимо выполнять следующие работы.

1. Поочередно осмотреть все блоки станций и обратить внимание на чистоту и надежность контактов. Произвести смазку всей станции согласно указаниям завода-изготовителя.

2. Осмотреть контактные кольца токосъемника, проверить микровыключатели В6 и В7 блока МТМ-74.

3. Проверить наборные и печатающие механизмы блока МТМ-62.

4. Проверить состояние полистиролового колпака антенной головки МТМ-26, промыть водой параболюид и антенную колонку, уточнить установку уровней.

5. Не повышая высокого напряжения передатчика, проверить исправность блокировок шкафа передатчика МТМ-10 и блоков МТМ-11, МТМ-12.

6. Осмотреть плавающий контакт АФС. При наличии нагара протереть чистой ветошью, смоченной спиртом.

Ежегодные профилактические мероприятия рекомендуется проводить в летний период. Для этого необходимо:

1. Произвести демонтаж всех элементов АФС и выполнить профилактические работы в соответствии с указаниями завода-изготовителя.

2. Произвести смазку всей станции согласно инструкции по эксплуатации.

3. Проверить контакты магнитных пускателей, сельсинов станции и выполнить профилактические работы, указанные заводом-изготовителем.

4. Произвести проверку и настройку всей станции согласно инструкции по эксплуатации.

5. Проверить комплектацию ЗИПа.

6. Проверить параллельность электрической и оптической осей станции по выпущенному в свободный полет радиозонду или уголкового отражателя.

При проведении профилактических мероприятий штат станции обязан: пользоваться специальным инструментом; не осматривать одновременно большое количество блоков; не изменять принципиальные схемы, монтаж и раскладку проводов; не оставлять неисправностей; не использовать при пайке кислоты; не применять бензин, керосин при чистке колец токосъемника, кабелей и других элементов станции.

Станция «Метеорит-2» — сложное радиотехническое устройство, требующее от обслуживающего персонала соблюдения правил эксплуатации и своевременного проведения профилактических мероприятий, рекомендованных заводом. Завод гарантирует величину средней наработки станции на отказ не менее 60 ч.

Выход из строя электровакуумных приборов с истекшим сроком службы к неисправностям не относится. При разработке в станцию заложена достаточная ремонтпригодность. На лицевые панели блоков выведены контрольные гнезда, ряд измерительных приборов. Для прогнозирования неисправности по приемному тракту в блоке МТМ-31 установлено устройство встроенного контроля. Станция обеспечивает свободный доступ к элементам блока, что облегчает нахождение места повреждения и проведение замены при ремонте.

Можно рекомендовать следующие методы отыскания неисправности: метод внешнего осмотра, метод измерений, метод исключения и замены. Методом внешнего осмотра пользуются при обесточенной станции, проверяя плавкие вставки, наличие контактов, отсутствие обгорания, целостность пайки, соединений, лаковых покрытий. Если метод внешнего осмотра не позволил выявить неисправность, то, как правило, переходят к методу измерений. Включают станцию и в контрольных точках схемы измеряют величины напряжений, учитывая допустимые отклонения от номинального значения. При обнаружении цепи с большим отклонением величины напряжения станцию обесточивают и уточняют значения сопротивлений. Работоспособность импульсных цепей проверяют осциллографом по форме и длительности импульса.

Метод замены предусматривает замену отдельного элемента схемы (например, радиолампы) заведомо исправным. Такой метод применим для срочного ремонта, и пользуются им крайне осторожно, чтобы не внести дополнительную неисправность. Процесс обнаружения неисправности требует от специалиста хорошего знания функциональной схемы станции. Предполагаемую неисправность необходимо отнести к определенной системе станции, а потом к отдельному блоку, к конкретной схеме. Таким образом, сузив местонахождение неисправности, специалист приступает к ее устранению.

Следует заметить, что очень полезно уметь задавать себе вопросы и на них же отвечать. Например, на экране индикатора пауза ответного сигнала радиозонда при работе маломощного передатчика иногда просматривается нечетко или совсем отсутствует, затрудняя автоматическое сопровождение по дальности. При работе мощного передатчика ответная пауза делается четкой, обеспечивая сопровождение по дальности до разрыва облоочки. Все передатчики радиозонда были проверены, никаких отклонений по несущей частоте не было обнаружено. Магнетрон мощного передатчика был ранее настроен по частоте контрольным резонатором МТ-92 и не перестраивался. Далее, маломощный передатчик также был настроен по несущей частоте, получена паспортная отдача по мощности. Следовательно, работоспособность передатчика радиозонда и мощного передатчика не вызывает сомнения. Может быть, каким-то образом изменился уровень СВЧ мощности самого передатчика? По приборам ток анода и ток сетки маломощного передатчика находятся в норме ТУ, все режимы источников питания уточнены, обрывы по цепи ВЧ кабеля быть не может. Следовательно, маломощный передатчик работает нормально. Это подтверждается еще и тем, что большинство радиозондов дает четкий ответный сигнал в ближней зоне РЛС.

Следует отметить, что радиозонды, выпущенные в штиль и получившие большие вертикальные углы, как правило, имеют слаборазличимый ответный сигнал. Следовательно, недостаточен уровень запросной мощности, так как диаграмма направленности антенны маломощного передатчика в вертикальной плоскости имеет форму тороида. Вот почему от таких радиозондов не удастся получить хороший ответный сигнал.

3.5.14. Правила техники безопасности

К обслуживанию РЛС «Метеорит-2» допускаются лица, изучившие принципы работы станции, а также указания по технике безопасности, приведенные в инструкции по эксплуатации. Основные правила техники безопасности предусматривают защиту от поражения электрическим током, от облучения СВЧ и соблюдение ряда предосторожностей при работе вблизи антенной колонки.

Чтобы избежать поражения электрическим током, оператор должен соблюдать следующие правила.

1. Агрегат питания и антенная колонка должны иметь заземление.

2. При измерении напряжений в блоках необходимо пользоваться специальными щупами, изоляция которых не вызывает сомнений. Работать внутри блока необходимо только одной рукой.

3. Замену предохранителей производить при выключенном питании станции. Для смены предохранителей в шкафу МТМ-81 предусмотрены специальные диэлектрические щипцы.

4. Подключать штепсельные разъемы к блокам необходимо при обесточенных цепях.

5. Ремонт и настройку аппаратуры запрещено проводить одному человеку.

6. При обнаружении на корпусе станции напряжения необходимо ее обесточить и проверить состояние изоляции по цепям питания, а также сопротивление заземления.

7. Запрещено искусственное замыкание блокировок в шкафу МТМ-10 и в блоках МТМ-11, МТМ-12.

Учитывая диаграммы направленности антенн маломощного и мощного передатчиков и излучаемые уровни мощностей СВЧ колебаний, необходимо соблюдать основное правило: не находиться вблизи антенн и избегать воздействия СВЧ, особенно в зоне прямого луча параболической антенны.

Работа около антенной колонки МТМ-74 требует определенной осторожности, даже при наличии защитного ограждения. При проведении контрольных наблюдений штат станции обязан принять меры, исключающие появление сигналов СВЧ

Таблица 8.5.1

Основные неисправности РЛС «Метеорит-2» и способы их устранения

Признаки неисправности	Причины неисправности	Способы отыскания и устранения неисправности
Передающая система МТМ-10		
1. При включении маломощного передатчика отсутствуют ток анода и ток сетки (рис. 3.5.5)	а) Нет одного из напряжений источника питания	а) Проверить в контрольных точках напряжения источников питания +2500, +500, —150 В. Неисправен один из резисторов R15, R23 в цепях питания по анодному напряжению ламп ГМИ-6, ГИ-21Б
	б) Неисправна одна из ламп Л1, Л2, Л3 (рис. 3.5.5)	б) Исключить неисправную лампу методом замены
	в) Не подается импульс запуска на блок МТМ-12	в) Проверить цепь импульса запуска
	г) Не сработала блокировка блока МТМ-12	г) Проверить цепь блокировки

2. Ток сетки больше тока анода	Расстроен передатчик	Проверить режимы и цепи питания источников напряжения; уточнить величину смещения генераторной лампы ГИ-21Б. Нагрузить передатчик МТМ-12 на объемный резонатор МТ-92. По максимуму отклонения стрелки микроамперметра определить величину несущей частоты, произвести подстройку по частоте ручкой «Частота анодного контура». Добиться максимума отдачи энергии СВЧ по контрольному резонатору МТ-92, подстроить ручкой «Частота катодного контура». Уточнить величину «Связь с нагрузкой». Проверить ВЧ разъемы и

сохранность фидера антенны маломощного передатчика

3. Мало мощный передатчик МТМ-12 при вращении ручки «Частота анодного контура» не перестраивается по несущей частоте

Обрыв диэлектрической тяги от ручки «Частота анодного контура» к порночно коаксиального объемного резонатора

Демонтировать коаксиальный объемный резонатор (рис. 3.5.5), разобрать и устранить дефект

4. Перегорает предохранитель в первичной обмотке трансформатора источника «+2500 В»

Короткое замыкание или уменьшение сопротивления по цепи «+2500 В»

Проверить элементы схемы выпрямителя «+2500 В» по карте сопротивления относительно шасси. Визуально осмотреть диэлектрические опоры элементов навесного монтажа по цепи «+2500 В»

5. Через 5—6 мин после включения накала не загорается сигнальная лампа «Готовность» на блоке МТМ-11 (рис. 3.5.2)

а) Неправильно реле времени блока МТМ-11
б) Перегорели предохранители блока МТМ-11
в) Вышла из строя сигнальная лампа

а) Проверить напряжения на контрольных гнездах блока МТМ-11
б) Заменить предохранители
в) Заменить лампу

6. Отсутствует ток магнетрона при номинальном напряжении высоковольтного выпрямителя

а) Обрыв высоковольтной цепи источника «+5 кВ»
б) Вышел из строя магнетрон
в) Отсутствует импульс поджига
г) Вышел из строя тиратрон (б на рис. 3.5.3)

а) Устранить обрыв
б) Заменить магнетрон
в) На гнезде «Импульс поджига» проверить его наличие
г) Заменить тиратрон

7. При номинальной величине высокого напряжения мал ток магнетрона

а) Велика напряженность магнитного поля

а) Уменьшить высокое напряжение и регулировкой «Напряженность» добиться

Признаки неисправности	Причины неисправности	Способы отыскания и устранения неисправности
8. При включении высокого напряжения срабатывает перегрузка «+5 кВ».	а) Режим короткого замыкания б) Пробой конденсатора КВИ-3-3300 ± 20% в линии формирования	а) Проверить цепь «+5 кВ» б) Проверить линию, заменить конденсатор
9. Велик ток магнетрона при номинальной величине высокого напряжения	а) Мала напряженность магнитного поля б) Неисправен магнетрон	а) Установить достаточную величину напряженности магнитного поля б) Заменить магнетрон
10. Стрелка прибора «Ток генератора» непрерывно колеблется	а) Нестабильно работает блокннг-генератор <i>II</i> б) Пробой в АФС	а) Проверить работу блокннг-генератора б) Медленно вращая антенну по азимуту, наблюдать за изменением тока магнетрона. Остановить вращение антенны по азимуту, если пробой в азимутальном медленно вращающемся соединении отсутствуют. Изменяя угол места антенны, определить работоспособность угломестного медленно вращающегося соединения. Разобрать АФС, визуально определить место подгара или засорения фидера, устранить неисправность
11. Ток генератора в норме, но пауза ответного сигнала на экране индикатора блока МТМ-51 постепенно «запыляется»	Изменилась несущая частота радиозонда РКЗ-5	Вращая ручку «Частота», произвестн перестройку по частоте магнетрона, добиваясь удовлетворительной паузы ответного сигнала радиозонда

12. Все режимы мощного передатчика в норме, соответствуют техниче-ским условиям, но на экране индикатора блока МТМ-51 наблюдаются не-сколько пауз ответного сигнала радио-фона

1. Ток магнетрона резко колеблется. При проверке величины «звона» по контрольному резонатору МТ-92 зад-ний фронт его сильно размыт

Особый случай повышения «многопа-зности» радиоволна

Антенно-фидерная система МТМ-20

- а) Засорение азимутального вала у-ломестного медленно вращающихся со-единений
- б) Подтар или окисление в месте сочленения тройника с магнетроном
- в) Деформация поверхности плаваю-щего контакта
- г) Ошибка в стыковке тройника с магнетроном
- д) Некачественная сборка тройника АФС с ЭПУ-6
- е) Появление неоднородности (вмя-тина) на любом из участков АФС
- ж) Перекос центрального проводника при сборке АФС

Попытаться перестроить частоту маг-нетрона. После окончания вынужда ра-диоволна по контрольному резонатору МТМ-92 снять спектр магнетрона; на контрольном гнезде исследовать форму импульса модулятора

а) Разборка, чистка, удаление метал-лических частей

- б) Разборка, внешний осмотр, чистка контактных поверхностей
- в) Выпрямить огибку плавающего контакта
- г) Переделать соединение заново, уда-лить подтар
- д) Демонтаж тройника (внешний ос-мотр, удаление подгара)
- е) Осмотр всего тракта АФС, в слу-чае необходимости — замена участка АФС
- ж) Демонтировать последовательно участки АФС; собрать АФС, обратив внимание на стыковку центрального про-водника

2. Пробой в антенной головке МТМ-26. Слышен характерный «писк», наблю-дается искрение у основания вибратора и резкое колебание тока магнетрона

- а) Ток магнетрона больше номиналь-ного
- б) Деформация вибратора или запы-ленные щели у его основания

а) Установить ток магнетрона

б) Демонтировать колпак антенной головки, замерить длину подводящего вибратора, случайно деформированного при неосторожном обращении; удалить грязь и нагар у кромок щели вибратора; проверить состояние резбового соеди-нения центральной жилы АФС в антен-ной головке МТМ-26

Признаки неисправности

Причины неисправности

Способы отыскания и устранения неисправности

3. После замены полистарового колпачка антенной головки заметно уменьшилось усиление приемного тракта. Станция нормально сопровождает радиозонд по угловым координатам

Уровень пересечения диаграммы направленности в неметовом направлении ниже паспортного

Замерить фокусное и линейное расстояние от вершины параболоида до осевых точек колпачка. По тепловизионно установленному радиозонду или генератору считать диаграммы направленности антенны в двух крайних положениях колпачка антенной головки по азимуту. Нормированные диаграммы направленности антенны построить на миллиметровой бумаге и определить уровень их пересечения

Применяя система МТМ-30

1. Уменьшился коэффициент усиления ЭПУ-6

а) Изменение частоты или уровня мощности генератора накачки СВЧ

а) Уточнить напряжение отключателя генератора накачки К-92Б, аттенуатором U_2 (рис. 3.6.10) установить необходимый уровень мощности СВЧ; проверить ВЧ контакты фидера, питающего ЭПУ-6

б) Изменение тока соленоида ЭПУ

б) Установить ток соленоида

2. Медленно «продуть» ток и напряжения по приборам, установленным на летевых панелях стойки МТМ-03

а) Неправлен один из источников питания ЭПУ
б) Изменение нагрузки на выходе ЭПУ

а) Прибором ВК7-9 проверить и уточнить режимы источников питания
б) Проверить цепь ВЧ тракта до смесителя; полагая вклад в мощность полезного сигнала U_3

3. Ток катода ЭПУ выше номинального

Изменение напряжения накала

Уточнить величину напряжения накала

4. Ток корпуса вновь установленного ЭПУ более 0,5 мкА

Ухудшение изоляции ЭПУ после длительного хранения на складе

Уточнить значения напряжения, подаваемого на электроды ЭПУ

5. Отсутствует ток коллектора

- а) Отсутствует ускоряющее напряжение на одном из анодов ЭПУ
- б) Нет тока соленоида

- а) Проверить на ЭПУ-6 наличие напряжений на первом и втором анодах
- б) Проверить цепь соленоида и его источник питания

6. Отсутствует ток катода ЭПУ

- а) Не подается напряжение на первый анод или на управляющий электрод
- б) Обрыв подогревателя

- а) Проверить наличие напряжения на соответствующих электродах ЭПУ-6
- б) Заменить ЭПУ-6

7. Уменьшился коэффициент усиления приемной системы, работоспособность ЭПУ-6 не вызывает сомнений

- а) Нарушение контакта в ВЧ разъемах с выхода ЭПУ-6
- б) Изменение электрического режима блоков МТМ-31, МТМ-32

- а) Проверить соединения ВЧ кабеля с выхода ЭПУ-6 по цепи полосового фильтра УЗ до входного контура ПУПЧ
- б) Уточнить частоту гетеродина ЛЗ (К-41) блока МТМ-31, проверить смеситель ДКС-7М и смесительную камеру; проверить ВЧ контакты в разъемах смесительной камеры и объемного резонатора гетеродина, измерить напряжение «нуль АРУ», проверить усиление канала дальности и потенциометр R50, проверить лампы ПУПЧ и УПЧ до выходного каскада канала дальности, сохранность и контакты ВЧ фидера между блоками МТМ-31 и МТМ-32

8. Отсутствует смещение на приборе ИИЗ «Ток кристалла»

- Неисправен прибор, обрыв по цепи источника «+150 В»

- Проверить цепь питания +150 В, потенциометр R1, прибор ИИЗ, входной контур, диод ДКС-7М

9. Ток кристалла не меняется при изменении связи с гетеродином и при ручной регулировке частоты гетеродина

- а) Неисправен гетеродин Л9 или цепь соединения гетеродина со смесителем

- а) Заменить лампу К-41 гетеродина, проверить цепь соединения ВЧ кабеля от объемного резонатора до смесителя.

Признаки неисправности	Причины неисправности	Способы отыскания и устранения неисправности
10. Отсутствуют шумы на экране блока МТМ-51. Сместитель, гетеродин, ЭПУ функционируют нормально	б) Короткое замыкание в кристаллодержателе, неисправен диод ДКС-7М а) Неисправен один из каскадов ПУПЧ или УПЧ блока МТМ-31 (Л1—Л5), МТМ-32 (Л6—Л8) б) Плохой контакт ВЧ кабеля, соединяющего блоки МТМ-31 и МТМ-32 по цепи 30 МГц в) Отсутствует одно из питающих напряжений +250, +150, —150 В г) Обрыв во входном контуре ПУПЧ либо в одном из ВЧ контуров ПУПЧ или УПЧ	Проверить цепь питания отражателя Л9 б) Проверить кристаллодержатель, заменить ДКС-7М а) Включить устройство встроенного контроля и определить неисправный блок; методом последовательной замены определить неисправную лампу б) Проверить целостность ВЧ кабеля, надежность контактов в) Проверить напряжения выводов лей блока МТМ-84 г) Проверить сохранность цепей контуров
11. Сигнал по каналу дальности не поступает на экран индикатора блока МТМ-51, независимо от режима работы станции «Уголковый отражатель», «Радар-диосыл». При включении устройства встроенного контроля система счета МТМ-40 набирает 1000 Гц	Вышел из строя детектор Д1, неисправна одна из ламп по каналу дальности (Л8—Л11) блока МТМ-32; нарушение контакта ВЧ кабеля	Проверить диод Д1, лампы по каналу дальности, а также прохождение сигнала от блока МТМ-32 до блока МТМ-51
12. Отсутствует сигнал в КУА УО, но на экране индикатора блока МТМ-51 просматриваются отраженные сигналы от местных предметов	Неисправна одна из ламп (Л12—Л15)	Проверить цепь Л12, Л13, Д2, Л14, Л15. Уточнить величину смещения Л12
13. Не работает АПЧ в режиме «Радар-диосыл», сигнал радиозонда на экране индикатора блока МТМ-51 просматривается, система счета функционирует	Неисправна одна из ламп (Л1—Л4) блока МТМ-32	Методом последовательной замены определить неисправную лампу и заменить ее

14. В режиме РПЧ гетеродин *L9* блока МТМ-31 можно перестраивать ручкой «Частота гетеродина» по прибору ИПЗ в пределах ± 50 мкА. При переходе в режим АПЧ стрелка прибора ИПЗ не устанавливается на нуль, сигнал радиозонда пропадает на экране индикатора (срыв колебаний гетеродина)

15. Не работает схема общей АРУ, на выходы остальных каналов сигналы подкатода: система счета ступает, на экране индикатора просматривается сигнал с частотой 800 кГц

16. В режиме работы «Радиозонд» все каналы функционируют нормально, не бланкируется КВА РЗ и система счета

17. В режиме работы «Уголковый отражатель» все каналы функционируют нормально, не стробируется КВА УО

18. Не работает система счета и КВА РЗ, на экране индикатора блока МТМ-51 просматривается сигнал радиозонда

При смене квантрона К-41 гетеродин ошибочно настроен на частоту 1752 МГц

а) Неисправна лампа *L16* блока МТМ-32

б) Изменение электрического режима

Замерить частоту гетеродина по контр-рольному резонатору МТ-92 и установить ее равной 1812 МГц

а) Заменить лампу *L16*

б) Замерить напряжения питания на контрольных гнездах блока МТМ-32; уточнить значения напряжений «Установка нуля АРУ», «Задержка АРУ»; проверить цепь полосового фильтра У4; надежность срабатывания переключающего В4; сохранность цепи от катодного повторителя *L166* до ПУПЧ (*L3, L4, L5*)

а) Не подается из блока МТМ-51 импульс бланка

б) Неисправен один из каскадов (*L17, L18*) блока МТМ-32

а) Проверить наличие импульса бланка по цепи «Бланк»

б) Методом последовательной замены найти неисправную лампу и заменить ее

а) Не подается импульс УУС из блока МТМ-52

б) Не срабатывает реле РЗ

а) Проверить цепь запуска

б) Проверить обмотку реле РЗ, надежность срабатывания реле

а) Неисправен диод *D3*

б) Неисправен каскад катодного повторителя *L19*

а) Проверить диод *D3* и заменить

б) Заменить лампу, уточнить режим

Признаки неисправности	Причины неисправности	Способы отыскания и устранения неисправности
19. В режиме «Радиозонд» не работает КУА РЗ, система счета МТМ-40 функционирует нормально	в) Плохое согласование по ВЧ кабелю между блоками МТМ-32 и МТМ-33 г) Неисправны каскады Л1, Л2, Л3 блока МТМ-33 Неисправен катодный повторитель Л10 блока МТМ-33	в) Проверить ВЧ кабель с выхода катодного повторителя Л19 до входа УВЧ Л1 блока МТМ-33 г) Методом последовательной замены отбраковать неисправную лампу. Заменить лампу, проверить наличие сигнала с выхода УПЧ Л9, прохождение его через катодный повторитель, потенциометр R58 и цепь ВЧ кабеля выход КУА РЗ
20. В режиме «Радиозонд» система счета МТМ-40 не работает, все остальные каналы приемного тракта функционируют нормально	а) Неисправна одна из ламп каскадов Л11, Л14, Л15, Л16, Л17 б) Не работает АРУ усилителя этой промежуточной частоты Л12, Л13 блока МТМ-33 в) Неисправен один из каскадов схемы формирования перепала напряжения (Л18, Л19, Л20)	а) Методом последовательной замены отбраковать неисправную лампу. Не срабатывает переключатель В5, нет цепи по ВЧ кабелю «Считываемые импульсы»; обрыв потенциометра R75 б) Проверить каскады Л12, Л13, цепь регулятора АРУ в) Проверить лампы, уточнить режимы схемы формирования перепала по устройству встроенного контроля
21. Часто выходит из строя предохранитель по цепи источника питания «+250 В» в стойке МТМ-03	Режим короткого замыкания по цепи «+250 В» на поддон в блоке МТМ-34 (за счет деформации поддона) а) Неисправен кистрон К-92Б	Визуально осмотреть поддон с целью определения точки касания; отогнуть, если можно, элемент навесного монтажа либо приклеить на поддон пластинку диэлектрика а) Заменить кистрон К-92Б, уточнить его режим работы, проверить ВЧ фидер с выхода аттенуатора до входа ЭПУ-6
22. Периодически снимается напряжение СВЧ генератора накачки		

б) Периодическое изменение напряжения источника « ± 500 В» блока МТМ-87

б) Заменить лампу 6С33С по цепи питания ± 500 В клистрона К-92Б

Занелечивать активную помеху; пере-
странная РЛС по частотному диапазону,
найти диапазон ослабления помехи; за-
менить ЭПУ на более узкополосный

23. Активная помеха от радиорелей-
ной линии «сбивает» сопровождение ра-
диозонда по угловым координатам,
вызывает «разброс» метеоданных си-
стемы счета

Система счета МТМ-40

- а) С блока МТМ-51 не поступают импульсы с частотой 5000 Гц
- б) Не работает катодный повторитель *J1a* или селекторы *J2a*, *J26*
- в) Не работает один из каскадов в делителях частоты 1:125 (*J18—J19*), 1:10 (*J10—J13*), 1:10 (*J14—J17*)
- г) Не работает катодный повторитель *J18a* или триггер *J25*
- д) Не работает триггер *J26* или катодный повторитель *J27*
- е) Плохой контакт в реле *P1*

Проверить источники питания на контрольных гнездах системы счета МТМ-40. С целью быстрого отыскания неисправности продвигать следующие операции: выдвинуть блок МТМ-43 из стойки главного пульта МТМ-02, снять поддон для доступа к элементам схемы, поставить переключатель *B1* блока МТМ-44 в положение «Контроль», шупом через отверстие последовательно включенное сопротивление порядка 270 кОм последовательно проверить в анодных цепях наличие импульсов. Ненормальный каскад детально исследовать и устранить дефектный элемент.

2. В режиме абсолютного счета блок МТМ-43 вырабатывает импульсы «Время счета». При переходе в режим «Относительный счет» импульсы не вырабатываются

а) Не работает схема санатрона (*J21—J24*) или один из селекторов *J18*, *J20*

б) Не коммутирует реле *P1*

а) На гнезде «Запуск санатрона» проверить наличие запуска санатрона, методом последовательной замены выявить неисправную лампу

б) Проверить коммутирующее напряжение ± 26 В, поступающее на реле *P1*, и цепь контактной группы 2—3 того же реле

Признаки неисправности	Причины неисправности	Способы отыскания и устранения неисправности
3. В режиме «Абсолютный счет» при подаче контрольной частоты 1000 Гц контрольные счетчики блока МТМ-62 фиксируют постоянно другое значение частоты	в) На схему санитрона не подается управляющее напряжение с блока МТМ-62 Длительность импульса счета с выхода катодных повторителей Л27 блока МТМ-43 не равна 1 с	в) В блоке МТМ-62 проверить сохранность резисторов и наличие управляющего напряжения С помощью щупа визуально проверить на индикаторе блока МТМ-44 работоспособность делителей частоты блока МТМ-43, обратить особое внимание на цепи их обратной связи
4. На бумажной ленте регистратора результаты счета единиц и десятков фиксируются правильно, но контрольные приборы единиц и десятков показывают другое значение частоты	а) Неисправен один из каскадов контрольного регистра блока МТМ-41 б) Вышел из строя один из диодов в цепи контрольного регистра единиц и десятков	а) Методом последовательной замены выявить неисправную лампу в контрольном регистре единиц (Л11—Л14) и десятков (Л15—Л18) б) Обесточить РЛС, проверить сохранность диодов в цепях контрольного регистра единиц и десятков
5. Контрольные приборы регистратора правильно показывают значение подаваемой на счетчик частоты. На бумажной ленте регистратора фиксируется другое значение частоты	а) Неисправен регистр добора (Л11—Л18) б) Отсутствуют импульсы нуля, импульсы добора	а) Удалить селектор Л42, проверить состояние триггеров добора по ряду чисел 290, 292 б) Удалить Л9 и проверить прохождение импульсов нуля, подаваемых с блока МТМ-62, через селектор Л31, а также состояние триггера Л30 (правая половина лампы должна быть закрытой). После установки Л9 состояние триггера Л30 должно измениться на противоположное. Проверить работу усилителя Л446 и генератора импульсов добора Л43—Л44а и их прохождение через селектор Л42 на регистр добора

6. Приборы сотен и тысяч показывают правильные результаты; набранное значение единиц и десятков не соответствует контрольной частоте

в) Неизбрана схема печати

а) Проверить на входе селектора *J119* наличие импульса, подаваемого конечным каскадом регистра дотора *J118*; проверить работу генератора импульса печати *J120* и катодного повторителя *J106*
г) Обесточить РЛС, проверить сохранность диодов

г) Неисправен один из диодов в регистре дотора

Неисправен один из ключей (*J22—J29*) блока МТМ-41

Последовательно проверить прямое и обратное соприкосновение ключей

7. При подсчете частоты более 1000 Гц показания приборов сотен и тысяч блока МТМ-62 равны нулю. Приборы единиц и десятков правильно фиксируют результат счета

Неисправен селектор *J216* или генератор импульсов сотен *J21a* блока МТМ-41

Проверить импульсы счета на выходе делителя 1:10 (*J115—J118*), наличие импульса «Время счета» на селекторе; проверить работу генератора *J21a* и сохранность цепи до входа делителя 1:10 (*J127—J130*)

8. При изменении частоты считываемых импульсов показания контрольных приборов единиц и десятков и результаты печати на ленте регистратора МТМ-62 остаются постоянными

Нет импульса переброса, разрешающего передачу набранной информации из основного регистра в регистр дотора через ключи

Проверить импульс переброса на контрольном гнезде блока МТМ-42; проверить работу генератора импульса переброса *J38*; проверить прохождение импульса с катодного повторителя *J36* на соответствующие ключи

9. Показание контрольных приборов удваивается с каждым циклом

Не поступает импульс сброса

Если импульс сброса отсутствует на контрольном гнезде блока МТМ-42, проверить цепь запуска генератора импульса сброса *J34* и работу катодного повторителя *J35* блока МТМ-42

10. Через 20—30 мин работы РЛС на ленте регистратора начинается печать

Перегрев системы счета, самопроизвольный запуск усилителя *J17*

Устранить перегрев блока

Признаки неисправности	Причины неисправности	Способы отыскания и устранения неисправности
сотен и тысяч, даже при отсутствии изменений в частоте сотен и тысяч. После выдвигания блока из стойки главного пульта и обдува настольным вентилятором элементов монтажа через его поддон печатать сотен и тысяч начинает функционировать правильно		
11. Контрольные приборы сотен и тысяч показывают значение, не соответствующее контрольной частоте. Показание контрольных приборов единиц и десятков правильное	а) Неисправен один из диодов ключей б) Неисправен один из триггеров контрольных регистров сотен (J11—J14) и тысяч (J15, J16) в) Неисправен один из приборов блока МТМ-62	а) Проверить сохранность ключей б) Проверить состояние триггеров (возможность передачи на триатроны информации, соответствующей контрольной частоте), проверить запуск основного регистра сотен (J27—J80) и тысяч (J31, J32) с каскада генератора сотен J21a блока МТМ-41 в) Выдвинуть блок МТМ-62, отсоединить концы от прибора и подключить их к исправному прибору; проверить результаты счета
12. По контрольным приборам блока МТМ-62 значения сотен и тысяч соответствуют контрольной частоте, но на бумажной ленте регистратора фиксируется другое значение частоты	а) Неисправен один из триатронов б) Неисправна одна из ламп накаливания	а) Методом последовательной замены триатронов (J1—J16) устранить неисправность б) По контрольной частоте определить заранее, какие лампы накаливания должны затвориться; проверить их и заменить неисправную
13. Постоянно горят одна или несколько ламп накаливания	а) Неисправен триггер J19 б) Неисправен катодный повторитель J36a	а) Проверить состояние триггера б) Проверить напряжение на его выходе

14. Показания контрольных приборов сотен и тысяч неправильные, печать сотен и тысяч не производится

Не подается импульс переброса с катодного повторителя Л18Б6

Проверить наличие импульса «Время счета» на входе генератора импульса переброса Л133, а также работу катодного повторителя

15. Печать сотен и тысяч не производится при правильном показании контрольных приборов

Неисправен селектор Л9 или триггер Л18

Проверить состояние триггера Л18, генератора Л9 и работу катодного повторителя Л10а

16. На трубке индикатора Л7 блока МТМ-44 просматриваются считываемые импульсы при отсутствии развертки

Не работает схема формирования раз-
вертки Л15, Л6

Методом последовательной замены определить неисправную лампу

17. На экране индикатора отсутствует развертка и не подаются импульсы

Неисправен переключатель В1

Переключатель В1 поставить в положение «Контроль», подать на вход блока МТМ-44 любую контрольную частоту (1000 или 200 Гц) и, если схема работает, проверить цепь с выхода селектора Л133 блока МТМ-41 до входа Л5 блока МТМ-44

18. Отсутствуют импульсы одной из частот на контрольных линиях «1000 Гц», «200 Гц», «50 Гц», «25 Гц»

Неисправность одного из делителей (Л1—Л4) блока МТМ-44

Переключатель В1 поставить в положение «Контроль» и с помощью шула проверить наличие частоты 5000 Гц на входе Л1

19. В положении переключателя В1 «Работа» просматриваются кратковременные помехи на фоне контрольного импульса, когда частота импульсов метеоданных ниже 200 Гц. Печать метеоданных отсутствует

Неправильно установлен уровень отщипывания шумов в приемнике блока МТМ-33 или не подается напряжение «Перепад АРУ» на селектор Л26 блока МТМ-43

Уточнить настройку блока МТМ-33 по устройству встроенного контроля, подавая с него низкий уровень сигнала, и проверить результат счета

Причины неисправности	Причины неисправности	Способы отыскания и устранения неисправности
20. В режиме «Относительный счет» при наборе переключателем «Грубо» максимальной длительности «Время счета», пропадают импульсы сброса и переброса	Ухудшение параметров лампы <i>J121</i> схемы санатрона блока <i>МТМ-43</i>	Заменить лампу <i>J121</i>
1. При установке переключателя <i>B1</i> в положение «Калибровка» на экране индикатора блока <i>МТМ-51</i> отсутствует калибровочная синусоида	Система измерения дальности <i>МТМ-50</i> Не работает один из умножителей частоты <i>J129</i>	Осциллографом <i>C1-5</i> проверить наличие частоты 76 кГц на входе фазосдвигающего каскада <i>J136</i> и последовательно определить работоспособность умножителей частоты 300 и 600 кГц. Проверить цепь переключателя <i>B1</i>. В качестве осциллографа можно использовать индикатор <i>J130</i> блока <i>МТМ-51</i>
2. «Пьедестал» находится в начале 30-км развертки	Не работает фангастрон задержки <i>J124</i>	Осциллографом <i>C1-5</i> проверить запуск и выходной импульс фангастрона
3. В положении переключателя <i>B2</i> «2 км» и «30 км» на экране индикатора нет 2-км развертки, а 30-км развертка есть	Неисправны каскады формирования 2-км развертки	Осциллографом <i>C1-5</i> последовательно проверить работу фангастрона <i>J124</i>, инвертора <i>J125а</i>, каскада запуска <i>J126б</i>, ждущего мультипликатора <i>J126</i>, буферного каскада <i>J127а</i>
4. На экране индикатора отсутствует 30-км развертка, а 2-км развертка имеется	Неисправен один из каскадов генератора грубой развертки	Проверить осциллографом работу ждущего мультипликатора <i>J128</i>

5. На экране индикатора просматриваются укороченные развертки

6. На экране индикатора отсутствует развертка

7. Отсутствует импульс запуска передатчика. Развертки на экране индикатора имеются

8. В режиме «Радиозонд» передатчик запускается непрерывно с частотой 416 Гц.

9. На развертке 2 км нет электрического визира, схема формирования импульсов УЭС функционирует нормально. Блок МТМ-53 находится в исправном состоянии

10. На разветке 2 км просматривается одна темновая отметка электрического визира. Блок МТМ-53 исправен

11. На развертке 2 км нет электрического визира. Блок МТМ-53 исправен

Неисправен генератор развертки Л32

Неисправен один из каскадов схемы
сигнафона

а) Неисправен селектор *L11*

б) Неэквивалентный блокинг-генератор $P1$ или цель реле $P1$

Не поступает коммутирующий импульс «Время счета» на лампу запуска

Не работает блокинг-генератор ЛЗ или каскад его запуска Л2б

Нет контакта в переключателе В1 или не работает линия задержки ЛЗ-2

Неисправен селектор *Л1* или блок-генератор *Л2а*

Осциллографом замерить длительность импульсов на входе генератора инвертки *ИЗ2*; замерить длительность равнообразного напряжения на выходе генератора и инвертора (*ИЗ2*, *ИЗ1*)

Попытаться устранить непоправимость путем замены лампы санатрона. В случае неудачи, снять по осциллографу формы импульсов в цепях санатрона

а) Осциллографом проверить импульсы на входе и выходе селектора

б) Осциллографом проверить форму импульсов на входе и выходе блокнестератора *Л12а*. Проверить сохранность цепи через контакты реле *Р1* до стойки передатчиков *МТМ-10*

Осциллографом проверить цепь подачи импульса счета

Проверить целостность диодов Д1, Д2;
осциллографом определить неисправный
электрод; проверить цепь с выхода бло-
кинг-генератора ЛЗ до катода ЭЛТ
(ЛЗ0)

Проверить цепи, сохранность диода D2 и линию задержки D3-2

На входе селектора $M1$ проверить осциллографом наличие положительного импульса, а также напряжение импульсов с частотой 75 кГц; проверить запуск блокнот-генератора $M2a$.

Признаки неисправности	Причины неисправности	Способы отыскания и устранения неисправности
12. В режиме «Радиозонд» плохо работает автодальномер, подслеживает ответный сигнал только в одном направлении	Отсутствует один из стробов	Осциллографом проверить наличие импульсов на линии задержки ЛЗ-3 и последовательно снять эсперы напряжений каскадов Л6а, Л8а, блокинг-генератора Л8б. В случае их работоспособности проверить осциллограмм генератор удара и возбуждения Л7б, лампу срыва Л7а, блокинг-генератор Л8б и оба ограничителя Л9
13. Не балансируется демодулятор обратной связи	Неисправен один из диодов демодулятора обратной связи (Д14—Д17)	Заменить неисправный диод
14. Не балансируется автодальномер	Неисправен один из каскадов УПТ-1 или УПТ-2	Последовательная замена ламп
15. Автодальномер не балансируется, двигатель М1 вращается с постоянной скоростью	Неисправен МУ либо один из диодов, определяющий смещение рабочей точки МУ	Проверить диоды, заменить неисправный
16. При установке переключателя В1 блока МТМ-51 в положение «Работа» 2-км развертке отсутствует электрический визир	Неисправна одна из ламп (Л1, Л2)	Методом последовательной замены ламп попытаться устранить неисправность. В случае отрицательного результата исследовать каскады осциллографом
17. Периодически пропадает развертка на экране индикатора при вращении штурвала дальности	Нарушение контакта потенциометра строба R25	Проверить и восстановить контакт
18. В режиме «Радиозонд» после достижения радиозондом дальности более 1500 м не переключается цель запуска с малоомногого на мощный передатчик	Кулачковый механизм блока МТМ-53 не коммутирует напряжение +26 В через кнопку В4	Выдвинуть блок МТМ-53, проверить срабатывание кнопки В4 при изменении дальности в пределах 1500±500 м
19. При оперативном сопровождении радиозонда на индикаторе иногда пропадает часть видеосигнала с частотой	Частный случай самопроизвольной «синхронизации» паузы в передаче телеметрической информации радиозонда	Данное явление самоустраниющееся

800 кГц, как бы образуя «мертвую зону»

20. Высоты, полученные после обработки данных по дальности при сопровождении радиозонда маломощными и мощными передатчиками, имеют скачок 100—300 м

Плохое согласование нулей дальности для маломощного и мощного передатчиков

Установить радиозонд на расстоянии 150—300 м от РЛС, включить маломощный передатчик и по автодальномеру замерить дальность. Уточнить паспортное значение нуля дальности для мощного передатчика. Во время оперативного выпуска радиозонда определить величину скачка по дальности при переходе от работы с маломощным передатчиком к работе с мощным передатчиком. Если скачок по дальности велик или предвзятительно измеренное расстояние до радиозонда отличается от известного на большую величину, необходимо отводом линии задержки ДЗ-1 по цепи пускового импульса (рис. 3.5.5) устранить скачок

Система передачи и регистрации данных МТМ-60

1. Не балансируется ФЧВОС в канале угла места

а) Вышел из строя один из диодов (Д3—Д8)
б) Обрыв по цепи обратной связи

а) Проверить диоды и заменить неисправный
б) Проверить сохранность цепи от исполнительного двигателя МЗ блока МТМ-62 до входа ФЧВОС и устранить обрыв

2. Не балансируется ФЧВ δ (Д1—Д4)

Вышел из строя диод

Проверить диоды и заменить неисправный

3. На ленте регистратора блока МТМ-62 слабая печать отдельных параметров

Не работает протяжка красящей ленты, неполное возвращение якорей ударных электромагнитов в исходное состояние

Проверить реверс красящей ленты и ее качество; разобрать и смазать якорь соответствующего электромагнита

Признаки неисправности	Причины неисправности	Способы отыскания и устранения неисправности
4. На ленте регистратора нет печати:		
а) дальности и времени	а) Плохой контакт контактной группы <i>KПЗ</i> или <i>KП4</i> , неисправен тиристор <i>ЛБ</i>	а) Проверить сохранность контактов, заменить лампу <i>ЛБ</i> , устранить заедание электромагнитов
б) угла места и азимута	б) Плохой контакт контактной группы <i>KПЗ</i> или <i>KП4</i> , неисправен тиристор <i>ЛБ</i>	б) Проверить сохранность контактов, заменить лампу <i>ЛБ</i> , устранить заедание электромагнитов
в) значений сотни и тысячи метеоданных	в) Неисправна лампа <i>Л6</i> , заедание электромагнита <i>ЭМ10</i> печати сотен и тысяч метеоданных; не поступает импульс печати	в) Смазать якорь электромагнита, заменить лампу <i>Л6</i> ; проверить наличие импульса печати сотен и тысяч метеоданных на контрольном гнезде блока
г) значений единиц и десятков метеоданных	г) Неисправна лампа <i>Л7</i> , заедание электромагнита <i>Э11</i> печати единиц и десятков; не подается импульс печати	г) Заменить лампу, смазать якорь электромагнита, проверить наличие импульса печати
5. Нет печати показаний наборных механизмов времени, угла места, азимута и дальности	а) Не подается напряжение 65 В, 25 Гц из блока <i>МТМ-44</i> на двигатель <i>М11</i> б) Неисправен выпрямитель «+500 В» (<i>Л1</i>)	а) Проверить сохранность цепи питания двигателя, наличие напряжения 65 В, 25 Гц б) Проверить работу выпрямителя «+500 В»
6. Наборный механизм счетчика времени медленно переходит от положения минус (—) к положению плюс (+)	Неисправна лампа <i>Л8</i> или заедание якоря электромагнита	Разобрать и смазать якорь электромагнита, заменить лампу, проверить контакт контактной группы <i>KП1</i>
7. При установке значений всех трех координат, равных нулю, на бумажной ленте регистратора печатается другое значение координат	Нет согласования	Выставить наборные механизмы
8. Значения времени, отпечатанные на ленте регистратора, выходят за пределы допуска $\pm 1,5$ мм	Нарушена регулировка счетчика времени	Отрегулировать счетчик времени

9. Стрелки контрольных приборов блока МТМ-62 не устанавливаются в допустимых пределах	Нарушена регулировка нуля соответствующих приборов	С помощью соответствующих индикаторов выполнить регулировку приборов, подав на систему счета частоту 1000 Гц
10. Значения единиц и десятков метеоданных, отпечатанных на ленте регистратора, не соответствуют показаниям контрольных приборов блока МТМ-62	Сбился нуль спирального барабана	Снять заднюю стенку блока МТМ-62, открутить и закрепить блок рабочих импульсов. Снять крышку корпуса механизма датчиков, ослабить стопорный винт червячной муфты карданного вала. Вращая ручкой один из дисков, установить механизм так, чтобы контактная группа была замкнута, а зуб на диске датчика нуля находился против рабочей щели электромагнитного датчика Э2
11. Нет печати единиц и десятков метеоданных на ленте регистратора. В блок МТМ-41 не поступает импульсы нуля спирального барабана	Нарушен контакт в кулачковом механизме электромагнита датчика блока МТМ-62	Проверить контакт и устранить дефект
12. На ленте регистратора МТМ-62 подается пять импульсов нечаты вместо одного. Электромагнит печати непрерывно работает	Некстравен каскад Л20 генератора импульса печати блока МТМ-41	Заменить лампу
13. При сопровождении радиозонда рысками движется шкала азимута блока МТМ-62	Обрыв статорной обмотки сельсины-датчика М1 в антенной колонке	Проверить сохранность обмотки сельсины и заменить неисправный
14. На ленте регистратора МТМ-62 нет нечаты сотен и тысяч метеоданных	В блок МТМ-42 на тиратроны (Л1-Л6) не подается напряжение 220 В, 400 Гц	Проверить цепь питания соответствующих тиратронных каскадов

Признаки неисправности	Причины неисправности	Способы отыскания и устранения неисправности
15. Наборный механизм времени не переобращается в положение минус (—)	Неисправна лампа Л4, плохой контакт группы КР2, неправильно установлена втулка фиксатора электромагнита ЭМ7	Проверить надежность контакта КР4, ход втулки электромагнита ЭМ7, заменить лампу Л4
1. При переходе с автоматического сопровождения на ручное антенна «отбрасывает» по углу места на 8 ду вверх.	Неправильно подключен сельсин М1 блока МТМ-71	Поменять местами провода сельсина М1 блока МТМ-71 с Р1 на Р2
2. Часто выходит из строя сельсин М4 ручного управления антенной. Явные дефекты не наблюдаются	Система управления антенной МТМ-70	Разобрать электромагнитную муфту ЭМ2 блока МТМ-71, устранить механические повреждения, добиться четкого срабатывания муфты
3. Антенна совершает незатухающие колебания по углу места	При переходе с ручного управления на автоматическое не всегда срабатывает электромагнитная муфта ЭМ2 блока МТМ-71 (или срабатывает вяло). Сельсин М4 блока МТМ-74 длительное время находится в состоянии рассогласования, поэтому горит роторная обмотка	а) Уточнить значение желаемой обратной связи, установить усиление блока МТМ-75 б) Обесточить систему, найти неисправный диод и заменить
4. При наблюдении за целью через оптический визир заметно, что антенна совершает кругообразные движения	Неточная фазировка ГО на блока МТМ-72	Сфазировать ГОН

5. В положении «Балаяс-1» систему невозможно сбалансировать по азимуту	Неисправна одна из ламп сервоусилителя (J3, J4) блока МТМ-72	Заменить лампу
6. Антенна не снимается по углу места с одного из упоров	Вышел из строя один из диодов схемы ограничения вращения верхнего или нижнего положений	Заменить диод, проверить цепь «+26 В»
7. Стрелка указателя «Ошибка пеленга» ИПЗ зашкаливает при отсутствии сигнала, ФЧВ (Д7—Д10) не балансируется	Вышел из строя один из диодов ФЧВ	Заменить диод
8. Прибор БАРУ работает нормально, а стрелка указателя «Ошибка пеленга» по азимуту не отклоняется	Неисправна одна из ламп (J2 или J5) блока МТМ-75	Заменить лампу
9. При отсутствии сигнала на входе блока МТМ-75 стрелка прибора «Ток БАРУ» не достигает значения 4 мА	Неисправна лампа J2 или J3 блока МТМ-75	Заменить лампу
10. В режиме ручного управления антенна не управляется по углу места	а) Обрыв по цепи питания электромагнитной муфты ЭМ1 блока МТМ-71 б) Не срабатывает реле Р1 блока МТМ-71	а) Проверить цепь питания и устранить обрыв б) Проверить цепь питания реле Р1, устранить обрыв
11. В режиме дистанционного управления антенна не управляется по азимуту	Обрыв в кабеле	Устранить обрыв

на рабочей частоте РЛС «Метеорит-2», так как включение радиозонда, запросчика или передатчика другой РЛС может вызвать сбой в автоматическом сопровождении и отбросить антенну от пеленгуемой цели.

Если работа не связана с проведением контрольных наблюдений, следует выключить тумблер «Блокировка», расположенный на основании антенной колонки.

Работа внутри радиопрозрачного укрытия (обтекателя) требует особой осторожности от обслуживающего персонала.

При возникновении пожара необходимо обесточить станцию (выключить питание в блоке МТМ-81) и после этого приступить к тушению.

В табл. 3.5.1 приведены некоторые неисправности станции «Метеорит-2», знание и анализ которых могут быть полезны при оперативной работе.

Глава 3.6.

УСТРОЙСТВО ПР-58 (ОКА-3)
ДЛЯ АВТОМАТИЧЕСКОГО СЪЕМА
И ПЕРФОРАЦИИ ДАННЫХ
СИСТЕМЫ «МЕТЕОРИТ»-РКЗ

3.6.1. Краткое описание

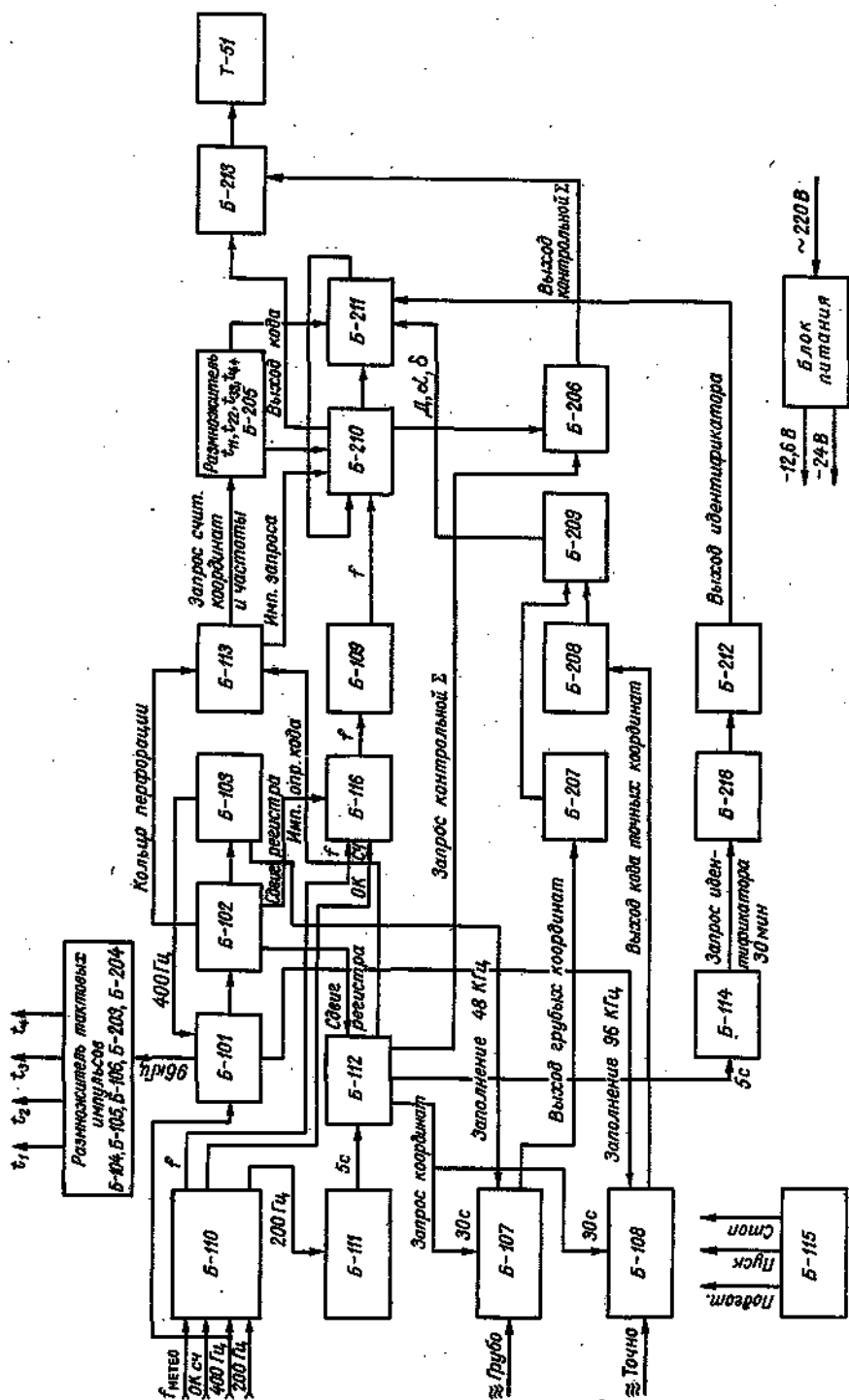
Устройство ПР-58 предназначено для автоматизации процесса регистрации на перфоленте информации, получаемой от радиозонда или уголкового отражателя. Эта информация пригодна для передачи по телеграфному каналу связи в Вычислительный центр, оборудованный электронно-вычислительной машиной типа «Минск-22» или «Минск-32». Обработанная на ЭВМ информация может быть тут же возвращена на аэрологическую станцию. Этим достигается автоматизация обработки аэрологической информации и освобождение аэролога от ручной обработки данных и составления телеграмм.

Устройство ПР-58 конструктивно выполнено в виде автономной стойки. В верхнем отсеке размещена панель управления, в двух средних отсеках — электронные блоки, выполненные в виде плат, в нижнем отсеке — блок питания. В комплект ПР-58 входят: телетайп типа Т-51, трасмиттер Т-53, осциллограф типа С1-16, электронный частотомер ЧЗ-33 и ЗИП.

При последовательной структуре построения и четырехтактном режиме работы устройство ПР-58 дискретно преобразовывает в цифровой код сферические координаты радиозонда (азимут, угол места, наклонную дальность и частоту). Темп преобразования координат составляет 5 с, частоты — 1 с.

Устройство ПР-58 (рис. 3.6.1) состоит из следующих основных схем: схемы синхронизации, преобразователя частоты метеоданных, преобразователя сферических координат и дальности, запоминающего регистра, системы автоматической протяжки перфоленты и идентификатора части, блока управления телетайпом.

Схема синхронизации обеспечивает синхронность работы во времени всего устройства ПР-58. По цепи 200 Гц на вход блока Б-110 подаются с блока МТ-44 (МТМ-44) импульсы с частотой 200 Гц, стабилизированные кварцевым генератором блока МТ-51 РЛС «Метеорит». После последовательного деления блок Б-110 вырабатывает частоту 50 Гц, необходимую для обеспечения работы телетайпа Т-51 со скоростью 50 бод. После дальнейшего деления частоты 50 Гц в блоке Б-111, имеющем делитель 1:250, получаем частоту 0,2 Гц (5 с), определяющую период считывания и перфорации. Съем частоты с преобразователей частоты происходит через каждые 5 с при появлении из блока МТ-42 (МТМ-42) импульса окончания счета. Если возникло замирание



сигнала радиозонда, то напряжение перепада останавливает формирование импульса счета в блоке МТ-43 (МТМ-43), поэтому импульс съема частоты, выработанный блоком Б-111, подается по цепи 5 с и перфорирует нулевое значение частоты метеоинформации (ЕЕЕ). Таким образом сохраняется цикл работы системы, независимо от замирания сигналов радиозонда. На синхронизатор (блок Б-110) подаются импульсы с РЛС (импульсы с частотами метеоэлементов, 400 и 200 Гц, импульс окончания счета), где они формируются в стандартные импульсы, а частоты 400 и 200 Гц «привязываются» к одному из тактовых импульсов. Синхронизацию частоты тактовых импульсов с частотой питания 400 Гц, поступающего от РЛС, обеспечивает схема на блоках Б-101, Б-102 и Б-103. Синусоидальное напряжение РЛС с частотой 400 Гц, преобразованное в прямоугольные импульсы той же частоты, управляет работой мультивибратора, имеющего собственную номинальную частоту 192 кГц.

Частота 192 кГц делится на два, при этом создаются тактовые импульсы с частотой 96 кГц, которые после преобразования кольцевым распределителем образуют четырехтактную последовательность импульсов t_1, t_2, t_3, t_4 с частотой 48 кГц. Блок Б-102 задает положение разрядов кода частоты и определяет сдвиг информации в запоминающем регистре. Блок Б-103 замкнут на схему фазовой автоподстройки тактовой частоты и обеспечивает на своем выходе импульсы с частотой 400 Гц, необходимые для запуска схемы блока Б-101.

Импульсы метеоинформации, поступающие из РЛС по цепи «f метео», формируются блоком Б-110 в стандартные импульсы, которые подаются на вход блока Б-116 для «привязки» к одному из тактовых импульсов. Преобразователь метеочастоты (блок Б-109) состоит из четырехтактного регистра сдвига на 16 двоичных разрядов; он преобразовывает полученную метеоинформацию в двоичный последовательный код. Код частоты перемещается в регистре младшим разрядом вперед, освобождая разряды для заполнения их последующей информацией. После прихода импульса запроса съема частоты кодовая информация из регистра через вентиль поступает в запоминающий регистр блока Б-210 с одновременным стиранием в регистре переданной информации. Запоминающий регистр Б-210 состоит из 48-разрядного четырехтактного сдвигающего регистра. В момент времени, когда совпадают 5-секундные импульсы РЛС и блока Б-111, происходит перфорация кодовых импульсов частоты строками по четыре разряда. После перфорации строки происходит сдвиг кода в запоминающий регистр на четыре

разряда влево, т. е. освобождается место для новой строки, состоящей также из четырех разрядов. Съем данных частоты из блока Б-210 параллельно производится в регистр управления телетайпом блока Б-213 по цепи «Выход кода», где информация преобразуется в последовательный код и после усиления по мощности поступает на телетайп Т-51.

Преобразователь координат и дальности состоит из шести одинаковых каналов, объединенных по цепи сельсинов грубого и точного отсчетов. Рассмотрим принцип преобразования координат канала азимута.

На блок Б-107 по цепи « $\approx$ Гр.» подается трехфазное синусоидальное напряжение, снимаемое с сельсина грубого отсчета азимута ($\alpha_{\text{груб}}$). На блок Б-108 по цепи « $\approx$ Точ.» подается трехфазное синусоидальное напряжение, снимаемое с сельсина точного отсчета азимута ($\alpha_{\text{точн}}$). Блок Б-107 и блок Б-108 суммируют трехфазные синусоидальные напряжения, выделяя фазозависимые синусоиды по каналам азимута « $\alpha_{\text{груб}}$ » и « $\alpha_{\text{точн}}$ ». Каждая синусоида дифференцируется и переводит триггеры по каналам « $\alpha_{\text{груб}}$ », « $\alpha_{\text{точн}}$ » в нулевые состояния. Из блока Б-112 по цепи «Запрос координат» поступает импульс (30 с) запроса координат, который опрокидывает триггеры по каналам « $\alpha_{\text{груб}}$ », « $\alpha_{\text{точн}}$ ». При этом открываются соответствующие вентили каналов « $\alpha_{\text{груб}}$ », « $\alpha_{\text{точн}}$ », пропуская на вход счетчиков Б-207, Б-208, Б-209 дискретные импульсы стабильной частоты.

По цепи «Заполнение 48 кГц» с выхода блока Б-103 на канал грубого отсчета азимута блока Б-107 подаются импульсы заполнения с частотой 48 кГц. По цепи «Заполнение 96 кГц» с выхода блока Б-101 поступают на вход канала точного отсчета азимута блока Б-108 импульсы с частотой 96 кГц. Количество импульсов заполнения, пропорциональное углу поворота дающих сельсинов азимута грубого и точного отсчетов, поступает по цепям «Грубый выход координат» и «Выход точных координат» на счетчики грубого и точного каналов Б-207, Б-208, Б-209. Счетчики грубого и точного каналов построены на двоичных триггерах и связаны через схемы «И» по цепи «Координаты D, δ , α » с выходами запоминающего регистра блока Б-211. После подсчета количества импульсов заполнения по команде импульса запроса съема координат, который поступает на блок Б-211 по цепи «Запрос считываемых координат и частоты» через блок Б-205, происходит передача информации с темпом 30 с в запоминающий регистр. Дальнейшее продвижение данных координаты азимута производится так же, как и в случае передачи перфорации частоты метеоданных.

Следует помнить, что происходит одновременное преобразование координат по каналам « $\alpha_{\text{груб}}$ », « $\delta_{\text{груб}}$ », «D_{груб}» и « $\alpha_{\text{точн}}$ », « $\delta_{\text{точн}}$ », «D_{точн}», частоты заполнения которых подсчитываются

соответствующими счетчиками Б-207, Б-208, Б-209 и передаются по одной команде в запоминающий регистр. В дальнейшем записанные данные из параллельного кода преобразуются в последовательный код и по соответствующей команде опроса координат перфорируются телетайпом Т-51 на перфоленте.

Запоминающий регистр, собранный на блоках Б-210 и Б-211, принимает кодированную информацию трех координат и метеочастоты, хранит ее, сдвигает на необходимое число разрядов и выдает в блок Б-213 управления телетайпом по цепи «Выход кода». Как упоминалось выше, запоминающий регистр состоит из 48-разрядного четырехтактного сдвигающего регистра. Регистр управляется двумя триггерами, расположенными в блоке Б-113: первый триггер определяет число тактов, необходимое для сдвига записанного кода информации, второй триггер разрешает стирание кода после его передачи. Код метеочастоты записывается последовательно по команде первого триггера и занимает 12 разрядов регистра; код сферических координат записывается параллельно всеми разрядами и занимает первые 16 ячеек регистра. Следует отметить, что записанная кодированная координата сдвигается по регистру вправо на 16 разрядов, освобождая место следующей координате.

Запоминающий регистр управляется командами блока Б-205, являющегося множителем тактовой последовательности t_{11} , t_{22} , t_{33} и t_{44} . Итак, после трех циклов записи и сдвига сферические координаты оказываются полностью размещенными в регистре. С блока Б-113 по цепи «Имп. запроса перфорации» подаются импульсы запроса перфорации. Съем кода строки из запоминающего регистра производится параллельно в блоке управления телетайпом Б-213, регистр которого преобразует ее в последовательный код и после усиления по мощности передает на телетайп Т-51. На перфоленте метеочастота занимает три строки; азимут, угол места и дальность — 12 строк. Далее перфорируется значение контрольной суммы, подаваемое по цепи «Выход контр. Σ » через блок Б-213 на телетайп. После окончания перфорации контрольной суммы на ленту наносится служебная информация, состоящая из двух переводов каретки и перевода строки, которые были записаны в запоминающем регистре. Весь цикл располагается на 34 строках. После окончания перфорации переданная информация из запоминающего регистра стирается за счет перевода триггера блока Б-205 в нулевое состояние.

Коротко рассмотрим принцип работы блока управления телетайпом Б-213. Схема блока состоит из регистра строки, которая заполняется по цепи «Выход кода» информацией с запоминающего регистра, поступающей в виде пятиразрядного параллельного кода. Как упоминалось выше, на запоминающий

регистр подается импульс запроса перфорации, который перемещается по регистру с частотой 50 Гц, последовательно снимая код с регистра строки. Значения снимаемого кода подаются на триггер блока Б-213, формирующий последовательный код, который после усиления по мощности подается на телетайп.

Система автоматической протяжки перфоленты и перфорации идентификатора части размещена в блоках Б-114, Б-116, Б-212 и Б-216. Система обеспечивает протяжку перфоленты на 22 строки с нанесением граничных комбинаций «латынь» и перфорацию идентификатора части через каждые 30 мин непрерывной работы перфоприставки ПР-58. Блок Б-112 через каждые 30 с осуществляет запрос координат с блока Б-114. Блок содержит делители и формирует импульсы, следующие с интервалом в 30 мин. Эти импульсы по цепи «Запрос идентификатора» запускают схему автоматической протяжки перфоленты и перфорации идентификатора части, содержащей следующую комбинацию:

$$\text{ОКА} \downarrow \text{jjO} \sqcup \text{KK} \ll \equiv \uparrow \uparrow \uparrow,$$

где ОКА — отличительный признак аэрологической информации, j — номер части, K — номер пункта, $\sqcup$ — пробел.

На период протяжки перфоленты и перфорации идентификатора части специальная схема блокирует цепь появления импульсов запроса частоты. Только после окончания перфорации образуются импульсы запроса частоты.

Блок контрольного суммирования Б-206 состоит из регистра, собранного на триггерах. Он суммирует информацию за каждые 30 с зондирования. По цепи «Выход контр. Σ » подается значение контрольной суммы на телетайп для перфорации. По контрольной сумме можно проконтролировать работу канала связи и ЭВМ. После передачи контрольной суммы триггеры блока Б-206 сбрасываются в нулевое состояние и начинают подсчет следующего 30-секундного цикла.

3.6.2. Монтаж, настройка и эксплуатация

Перед установкой устройства ПР-58 автоматической перфорации данных системы «Метеорит» — РКЗ необходимо тщательно проверить техническое состояние радиолокационной станции по основным параметрам, указанным в формуляре станции. При этом необходимо обратить особое внимание на работу делителей в блоке МТ-44, правильность установки «уровня перепада» в блоке МТ-32 (МТМ-33), на работу преобразователя и агрегата питания, стабильность выдаваемого напряжения и величину нелинейных искажений.

Устройство ПР-58 совместно с телетайпом устанавливается в аппаратном помещении аэрологической станции так, чтобы оператору было удобно наблюдать за работой станции и всего измерительного комплекса.

Подключение устройства ПР-58 к радиолокационной станции производится согласно схемам, прилагаемым к изделию, с помощью входящих в комплект кабелей через кабельную коробку пульта МТ-02 (МТМ-02). При этом необходимо заземлить стойку ПР-58. После окончания монтажа проверить работоспособность всех систем РЛС, при необходимости произвести их настройку.

Перед включением устройства ПР-58 вскрыть нижний отсек стойки, освободить кабели подключения блока питания, чтобы они не мешали работе вентиляторов, и вытащить все блок-платы из разъемов.

Включить тумблер «Сеть» на передней панели устройства, проверить по приборам блока питания наличие напряжений —12,6 и —24 В. Вставлять блок-платы следует по одной, наблюдая при этом за напряжением по прибору блока питания. Если сработает перегрузка и загорится лампа «перегрузка», найти неисправность в блоке и устранить ее. После подключения всех блок-плат установить телетайп и подсоединить его к стойке ПР-58.

Включить радиолокационную станцию, подключить осциллограф к гнезду Г1 блока Б-101. При этом на экране должны появиться прямоугольные импульсы. Если они неустойчивые, то вращая шлиц потенциометра блока Б-101, добиться устойчивого их положения (синхронизации). После нажатия кнопки «Подготовка» (время синхронизации составляет примерно 60—80 с) поставить тумблер на панели управления в положение «Контроль» и пустить перфоленту телетайпа. Если блок Б-213 и телетайп работают нормально, то при включении тумблеров 1—5 и нажатии кнопки «Код строки» на широкой ленте телетайпа и на перфоленте должны быть следующие комбинации букв и знаков:

Положение тумблеров	0	1	2	3	4	5
Комбинации на широкой ленте телетайпа . . .	Ж	Е	А	У	К	↑ лат
	рус					
Дорожки на перфоленте телетайпа	Ж	1	2	3	4	5
	рус					

Если комбинации отличаются от указанных, то необходимо проверить наличие частоты 200 Гц в блоке МТ-44 РЛС «Метеорит» и ток телетайпа, величина которого должна находиться в пределах 40—60 мА. При необходимости нужно подстроить телетайп винтом якоря.

Поставить тумблер «Работа—Контроль» блока МТ-32 (МТМ-33) РЛС в положение «Контроль», на приборах блока МТ-62 (МТМ-62) должна зафиксироваться частота 1000 Гц. Тумблер «Радиозонд—Уголок» панели управления ПР-58 поставить в положение «Радиозонд». На широкой ленте телетайпа за 30 с должна отпечататься комбинация из 31 буквы:

ОКА ОКА ОКА ОКА ОКА САДПТЕФДТОЕАОКАД

Дать отпечатать на ленте телетайпа указанную комбинацию не менее 10 раз. Формат печати должен быть устойчивым в течение всей работы. При нажатии кнопки «Перепад» блока МТ-32 (МТМ-33) вместо информации частоты (ОКА) должна печататься на широкой ленте телетайпа комбинация ЕЕЕ, т. е. нулевые значения частоты. Поставить тумблер «Радиозонд—Уголок» на передней панели ПР-58 в положение «Уголок»; на широкой ленте телетайпа должны печататься только координаты в следующей комбинации:

САДПЕТФДТОЕАД

Формат и в этом случае должен быть устойчивым — количество выбросов должно быть не более 2%. При отсутствии информации телетайп автоматически отключается через 30 с, поэтому в данном режиме необходимо закоротить «Автостоп» телетайпа, чтобы исключить появление сбоя.

Поставить тумблер «Координаты—Контроль» на передней панели ПР-58 в положение «Контроль». Поочередно подключая осциллограф к гнездам Г1, Г2, Г3 блоков Б-107 и Б-108, убедиться в правильности подключения устройства ПР-58 к РЛС. Преобразователи координат с увеличением значений координат (D , α , δ) увеличивают частоту заполнения. Если это условие не выполняется, то необходимо поменять местами любые две фазы сельсина на разъеме блока устройства. Тумблер «Координаты—Контроль» поставить в положение «Координаты», замерить количество импульсов в гнезде Г1 блока Б-107 с помощью частотомера. Сравнить количество импульсов частотомера с количеством импульсов, полученных после расшифровки соответствующих показаний дальности на широкой ленте телетайпа. В обоих случаях показания должны быть одинаковы. Аналогичные сопоставления провести в гнездах Г2, Г3 блока Б-107 и гнездах Г1, Г2, Г3 блока Б-108. Если результаты сравнения для обоих блоков удовлетворяют указанному условию, то блоки преобразователей координат Б-107, Б-108 и счетчики координат Б-207, Б-208, Б-209 работают правильно.

Каждому пункту зондирования присвоен свой порядковый номер, который вводится на месте в ячейках Я27—Я31 блока Б-212.

Порядок снятия графиков грубых каналов угловых координат и дальности, составление констант пункта подробно изложено в техническом описании устройства ПР-58. Полученные данные являются неотъемлемой частью программы «ОКА-3» и передаются для ввода в ЭВМ. Если результаты машинной обработки контрольной ленты не совпадают с результатами ручной обработки, необходимо повторно снять графики и составить константы пункта. После ремонта синхронно-следающих систем, расположенных в системах МТ-50 (МТМ-50), МТ-60 (МТМ-60), МТ-70 (МТМ-70), необходимо заново снять графики грубых каналов угловых координат и дальности, составить константы пункта, проверить и передать на ЭВМ.

Устройство ПР-58 включается за 20 мин до выпуска радиозонда. При этом следует обратить особое внимание на синхронизацию. Для контроля работоспособности устройства поставить тумблер «Работа—Контроль» блока МТ-32 (МТМ-33) РЛС в положение «Контроль» и получить на широкой ленте телетайпа устойчивый формат печати. Затем вручную набить на перфоленте телетайпа следующую комбинацию:

↑ ОКА ↓ 110 □ NN ≫ ≡ ↑.

Если в начале выпуска автоматическое сопровождение радиозонда затруднено, то необходимо включить тумблер отбраковки азимута. При выпуске радиозонда необходимо одновременно нажимать кнопки «Пуск» блока МТ-62 (МТМ-62) РЛС и устройства ПР-58. На время поиска радиозонда выключаются тумблеры «Дальность» и «Азимут». В период сопровождения радиозонда необходимо периодически следить за работой всего комплекса. После окончания выпуска радиозонда нажать кнопку «Стоп» устройства ПР-58, набрать вручную на перфоленте телетайпа комбинацию

↑ 10Z ↑ 30 □ 40Ж

и полученную перфоленту передать на ЭВМ.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Алексеев В. И. и др. Справочник по радиоэлектронике. Т. 3. М., «Энергия», 1970. 376 с.
2. Астафьев А. В. Окружающая среда и надежность радиотехнической аппаратуры. М., «Энергия», 1965. 230 с.
3. Баркан В. Ф., Жданов В. К. Проектирование радиотехнических устройств. М., Оборонгиз, 1963. 254 с.
4. Белоцерковский Г. Б. Основы радиотехники и антенны, ч. II. М., «Советское радио», 1969, 328 с.
5. Блаут-Блачева В. И., Волосков А. П., Смирнов Г. В. Технология производства радиоаппаратуры. М., «Энергия», 1972, 376 с.
6. Вайсман Г. М., Верле Ю. С. Основы радиотехники и радиосистемы в гидрометеорологии. Л., Гидрометеиздат, 1970. 488 с.
7. Глаголев Ю. А. Теоретическая оценка оптимальных параметров бу-синковых терморезисторов для радиозондов.— «Труды ЦАО», 1969, вып. 84. 100 с.
8. Городецкий Ю. Г. Конструкция, расчет и эксплуатация измерительных инструментов и приборов. М., «Машиностроение», 1971. 376 с.
9. Груничев А. С., Кузнецов В. А., Шипов Е. В. Испытания радиоэлектронной аппаратуры на надежность. М., «Советское радио», 1969. 288 с.
10. Дербенев Б. Г., Истомин Б. П. О точности определения ветра радиометеорологической станцией «Метеор». — «Метеорология и гидрология», 1964, № 6, с. 46—48.
11. Дьяков Д. Д. Импульсные радионавигационные устройства. Пер. с англ. М., Воениздат, 1955. 488 с.

30. Степаненко В. Д. Радиолокация в метеорологии. Л., Гидрометеопечат, 1966. 351 с.
31. Фридзон М. Б. Спектральное альbedo металлизированных сфер и цилиндров.—«Труды ЦАО», 1969, вып. 84, с. 76—81.
32. Фролов А. Д. Теоретические основы конструирования и надежности радиоэлектронной аппаратуры. М., «Высшая школа», 1970. 486 с.
33. Шляхов В. И. Состояние и перспективы развития температурно-ветрового и специального зондирования.—«Труды ЦАО», 1969, вып. 90, с. 5—16.
34. Шмeтер С. М. Инерционные ошибки в измерении температуры воздуха с помощью радиозондов.—«Труды ЦАО», 1954, вып. 13, с. 95.

12. Зайчиков П. Ф., Кречмер М. В., Фридзон М. Б. Исследование эффективности различных покрытий термистора радиозонда РКЗ.— «Труды ЦАО», 1966, вып. 74, с. 89.
13. Калиновский А. Б., Пинус Н. З. Аэрология. Л., Гидрометеоздат, 1961. 518 с.
14. Катков Е. А., Кромин Г. С. Основы радиолокационной техники. Часть II. Элементы и системы радиолокационных станций. М., Воениздат, 1959. 478 с.
15. Кондрашов Г. Н. Водозаливная батарея 6ПМХС-0,5ч и ее применение в Гидрометслужбе.— «Труды ЦАО», 1964, вып. 50, с. 52.
16. Костяной Г. Н. Актинометрический радиозонд АРЗ ЦАО (теория прибора и точность измерений).— «Труды ЦАО», 1969, вып. 84, с. 50—67.
17. Кречмер М. В. Ошибки измерения скорости и направления ветра из-за неточного измерения координат.— «Труды ЦАО», 1966, вып. 74, с. 89.
18. Кречмер М. В. Радиозонд повышенной точности РКЗ-3.— «Труды ЦАО», 1970, вып. 100, с. 174.
19. Лэнди Р., Дэвис Д., Албрехт А. Справочник радиоинженера. Л., Госэнергоиздат, 1961. 823 с.
20. Малинский В. Д. Контроль и испытания радиоаппаратуры. М., «Энергия», 1970. 336 с.
21. Марфенко О. В. Точность температурно-ветрового зондирования атмосферы.— Труды ВНМС. Т. 6, 1961, с. 225.
22. Марфенко О. В., Маркелова К. И. Результаты исследования влияния напряжения источников питания на измерение температуры радиозондом РКЗ-1А.— «Труды ЦАО», 1966, вып. 74, с. 89.
23. Мейнкс Х., Гундлах Ф. В. Радиотехнический справочник. Т. 2. Л., Госэнергоиздат, 1962. 420 с.
24. Наставление гидрометеорологическим станциям и постам. Вып. 4, часть III. Л., Гидрометеоздат, 1966.
25. Наставление гидрометеорологическим станциям и постам. Вып. 4, часть IIIа. Л., Гидрометеоздат, 1973.
26. Немец А. А., Федотов В. И. Основы радиолокации и телевидения. М., «Высшая школа», 1971. 350 с.
27. Пинус Н. З., Шметер С. М. Аэрология. Л., Гидрометеоздат, 1965. 351 с.
28. Смогилев К. А. и др. Радиоприемники СВЧ. М., Воениздат, 1967. 386 с.
29. Сорин Я. М. Физическая сущность надежности. М., Госстандарт СССР 1969. 78 с.