

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Локтионова Оксана Геннадьевна
Должность: проректор по учебной работе
Дата подписания: 31.12.2020 13:36:44
Уникальный программный ключ:
0b817ca911e6668abb13a5d426d39e5f1c11eabbf73e943df4a4851fda56d089

МИНОБРАЗОВАНИЯ РОССИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Юго-Западный государственный университет»
(ЮЗГУ)

Кафедра «Биомедицинская инженерия»

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по учебной работе
О.Г. Локтионова
«*Локтионова*» 31.12.2020 2017г.



**«ЭКСПЛУАТАЦИЯ И РЕМОНТ БИОТЕХНИЧЕСКИХ
СИСТЕМ МЕДИЦИНСКОГО НАЗНАЧЕНИЯ»**

Методические рекомендации по выполнению лабораторных
работ для студентов направления подготовки 12.03.04
«Биотехнические системы и технологии» (бакалавр)

Курс 2017

УДК 621.(076.1)

Составители: А.А.Кузьмин

Рецензент:

Доктор технических наук, профессор *А.Ф.Рыбочкин*

Эксплуатация и ремонт биотехнических систем медицинского назначения.: методические рекомендации по выполнению лабораторных работ / Юго-Зап. гос. ун-т; сост.: А.А.Кузьмин. - Курск, 2017. 77 с.: ил.16, табл. 20.

Содержат сведения о составе лабораторных работ. Указывается порядок выполнения лабораторных работ, структура отчета, задания.

Предназначены для студентов направления подготовки 12.03.04 дневной и заочной форм обучения

Текст печатается в авторской редакции

Подписано в печать *30.10.17* . Формат 60x84 1/16.

Усл.печ.л. 4,48 Уч.-изд.л. 4,05 Тираж 100 экз. Заказ. Бесплатно. *1357*

Юго-Западный государственный университет.

305040, г.Курск, ул. 50 лет Октября, 94.

Введение

Проблема обслуживания современной медицинской аппаратуры включающей в себя механические и электронные элементы узлы и блоки, а также достаточно сложные программно-механические комплексы порождает необходимость в создании современных руководств по эксплуатационному обслуживанию разнообразной диагностической и терапевтической техники. Обеспечение надежной работы технических средств в лечебно-профилактических учреждениях является одной из важнейших функций инженерно-технического персонала сопровождающего медицинские приборы, аппараты системы и комплексы во время их жизненного цикла. Появление неисправностей в работе медицинского оборудования сопровождается ошибками в диагностике, некачественным проведением лечебно-оздоровительных мероприятий и в ряде случаев может приводить к летальным исходам.

В методических указаниях рассматриваются вопросы определения неисправностей, работоспособности, разборки и сборки изделий медицинского назначения. Основное внимание уделено работе с такой распространенной аппаратурой как электрокардиографы, низкочастотные терапевтические аппараты, спектрофотометры.

Настоящие методические указания следует рассматривать с точки зрения закрепления практических навыков по эксплуатационному обслуживанию средств медицинской техники.

1. Структура, порядок выполнения и отчетность по лабораторной работе

В методических указаниях представлено 5 лабораторных работ.

Структура:

- цель работы;
- информационные материалы к занятию (теоретического и практического характера);
- содержание работы и порядок ее выполнения;
- контрольные вопросы и задачи.

Порядок выполнения

1. Изучить информационные материалы к занятию, включая рекомендованную литературу, лекции и техническую документацию на соответствующие приборы.
2. Выполнить работу.
3. Оформить отчет к лабораторной работе.

Содержание отчета

1. Цель работы.
2. Условия индивидуального задания.
3. Последовательность проверки работоспособности.
4. Схемы проверки.
5. Расчеты показателей качества работы (при необходимости).
6. Технология разборки (при необходимости).

Лабораторная работа № 1

Разборка, замена элементов и сборка приборов медицинского назначения

1. Цель работы: Приобретение навыков в разборке и сборке медицинских приборов с заменой отказавших элементов.

2. Информационные материалы к занятию

В нашей стране организация комплексного технического обслуживания, ремонта, монтажа и наладки регламентируется соответствующими нормативными документами (законами, ГОСТами, приказами министерства здравоохранения и другими документами), которые разрешают проводить этот комплекс работ техническим персоналом учреждений владельцев этой техники, ведомственными техническими службами и предприятиями-изготовителями этой техники, а сложной импортной медицинской техники специализированным управлением.

Основными субъектами, организующими комплексное техническое обслуживание медицинской техники, являются предприятия системы «Медтехника» и учреждения здравоохранения.

При этом предприятия системы «Медтехника» реализуют следующие основные функции и задачи:

1. Заключают договора с учреждениями здравоохранения и выполняют работу по комплексному техническому обслуживанию медицинской техники. При этом следует иметь в виду, что договора заключаются только на исправные, полностью укомплектованные, в том числе эксплуатационной документацией, изделия медицинской техники.

2. Осуществляет ремонт, монтаж и наладку медицинской техники по заявкам учреждений здравоохранения.

3. Обеспечивает работы по комплексному техническому обслуживанию, ремонту, монтажу и наладке медицинской техники, включая снабжение запасными частями, материалами,

технологическим оборудованием, контрольно-измерительными приборами, транспортом.

4. Осуществляет контроль и несет ответственность за своевременное и качественное выполнение работы, расходование запасных частей, комплектующих изделий и других материалов.

5. Организует повышение квалификации кадров предприятия.

6. Внедряет прогрессивные методы комплексного технического обслуживания, ремонта и монтажа медицинской техники.

7. Организует сбор информации о конструктивных и эксплуатационных качествах изделий медицинской техники, взятых на комплексное техническое обслуживание, изучает и обобщает причины нарушения работы этих изделий, информирует вышестоящие профильные организации и участвует в работе комиссии по составлению дефектных актов для представления рекламации заводам-изготовителям.

8. Оказывает техническую помощь учреждениям здравоохранения в освоении медицинской техники, проводит инструктаж медицинского персонала по правилам эксплуатации медицинского оборудования и соблюдению правил техники безопасности при работе с ним.

9. Ведет учет медицинской техники, эксплуатируемой в учреждениях здравоохранения и взятой на комплексное техническое обслуживание.

10. Участвует в подготовке актов о списании пришедшей в негодность медицинской техники.

11. Проводит работы по заявкам учреждений здравоохранения по разборке списанной медицинской техники для её ликвидации и извлечения узлов и деталей, содержащих драгоценные металлы.

12. осуществляет сбор и сдачу в Госфонд драгметаллов в виде лома от узлов и деталей списываемой медицинской техники.

13. Оказывает техническую помощь учреждениям здравоохранения в определении соответствия помещений требованиям правил, инструкции, СНиПов для монтажа медицинской техники.

14. Обосновывает необходимость вызова иностранных специалистов для монтажа, наладки и ремонта импортной медицинской техники и направляет заявки в соответствующие организации.

15. Определяет потребность в запасных частях к медицинской технике и своевременно представляет заявки в вышестоящие организации «Медтехника» и территориальные органы снабжения.

16. Имеет право расторгнуть договор на комплексное техническое обслуживание, если партнер-учреждение здравоохранения не выполняет условия договора, требования соответствующих приказов министерства здравоохранения и правил техники безопасности.

В свою очередь учреждения здравоохранения участвующие в программе комплексного технического обслуживания медицинской техники:

1. Заключает договора с предприятиями «Медтехника» на выполнение работ по комплексному техническому обслуживанию медицинской техники, а также подает заявки на проведение ремонта и монтажа медицинской техники.

2. Обеспечивает необходимые условия для проведения комплексного технического обслуживания, ремонта и монтажа медицинской техники, включая представление производственных помещений для организации пунктов технического обслуживания согласно требованиям СНиПа. По согласованию с предприятием приостанавливает работу изделий медицинской техники для проведения комплексного технического обслуживания.

3. Готовит помещения для монтажа и эксплуатации медицинской техники.

4. Несет ответственность за рациональное использование медицинской техники, обеспечивает эксплуатацию медицинской техники в соответствии с требованиями эксплуатационной документации и не допускает к работе с ней лиц, не имеющих специальной подготовки.

5. Проверяет работоспособность изделий медицинской техники и качество комплексного технического обслуживания и утверждает выполнение этих работ подписью в актах-нарядах.

6. Организует обучение медицинского персонала правилам эксплуатации медицинской техники и техники безопасности при работе с ней.

7. Оформляет вызов представителей заводов-изготовителей, иностранных фирм и других специализированных организаций для проведения работ по монтажу, наладке и ремонту медицинской техники, которые не выполняются предприятием «Медтехника».

8. Контролирует состояние средств измерения, эксплуатирующихся в учреждениях здравоохранения, и обеспечивает своевременную поверку их в органах ведомственной метрологической службы или Госстандарта.

9. Направляет в течение месяца предприятию «Медтехника» сведения о вновь поступившем и выбывшем медицинском оборудовании для своевременного внесения изменений в договор.

10. Проводит списание медицинской техники по заключению специалистов предприятий.

11. Осуществляет сдачу узлов и деталей, содержащих драгметаллы, на приемные пункты предприятий.

12. Имеет право расторгнуть договор на комплексное техническое обслуживание, если предприятие не обеспечивает своевременное качественное выполнение работы, не выполняет условий договора и требований предписываемые соответствующими приказами министерства здравоохранения.

В настоящее время комплексное техническое обслуживание медицинской техники регламентируется соответствующими положениями следующим образом:

1. Комплексное техническое обслуживание медицинской техники представляет собой совокупность организационно-технических положений и мероприятий, необходимых для поддержания и восстановления работоспособности изделий медицинской техники при эксплуатации.

2. Комплексное техническое обслуживание медицинской техники включает следующие основные виды работ:

- периодические технические осмотры;
- техническое обслуживание;
- проверку технического состояния;
- текущий ремонт.

3. Технические осмотры заключаются в определении работоспособности медицинской техники, проверку действия защитных устройств и электрических цепей, устранение повреждений и мелких неисправностей.

Периодичность технических осмотров устанавливается предприятием в зависимости от загруженности медицинской техники и согласовывается с учреждением здравоохранения.

Рекомендуемая периодичность технических осмотров – один раз в месяц, но не реже одного раза в квартал.

4. Техническое обслуживание медицинской техники предназначено для выявления и предупреждения отказов и неисправностей изделий путем своевременного выполнения работ, обеспечивающих их работоспособность в течение периода между очередными обслуживаниями. Содержание, порядок и правила проведения технического обслуживания устанавливаются в эксплуатационной документации на изделие.

5. Текущий ремонт охватывает комплекс работ по восстановлению работоспособности изделий медицинской техники путем замены отдельных составных частей (быстроизнашивающихся деталей) и выполнения регулировочных работ, в том числе в случаях внезапно возникающих неисправностей по вызову учреждения здравоохранения.

Текущий ремонт выполняется по эксплуатационной документации. Текущий ремонт может выполняться на месте эксплуатации изделия или в условиях предприятия.

После проведения текущего ремонта изделие проходит проверку в объеме, изложенном в эксплуатационной документации. Результаты проверки фиксируются в формулярах изделий или, в случае их отсутствия, в журнале комплексного технического обслуживания.

6. Предприятие «Медтехника» обязано в случае внезапного выхода из строя изделия направлять своего представителя для проведения ремонта и устранения неисправности в следующие сроки после получения заявки:

- в черте населенного пункта, в котором расположено предприятие, его филиал или пункт технического обслуживания – в течение двух суток;

- за чертой населенного пункта – в течение четырех суток.

7. На проведение работы по комплексному техническому обслуживанию составляется акт и об их выполнении делается отметка в журнале комплексного технического обслуживания. В журнале также делается отметка о проведении инструктажа медицинских работников по правилам эксплуатации изделия медицинской техники и технике безопасности при работе с ним. В случае неисправности изделия медицинской техники, нарушения электрических цепей в журнале комплексного технического обслуживания фиксируется запись, запрещающая работу с этим изделием.

8. Стоимость запасных частей, использованных предприятием при проведении комплексного технического обслуживания медицинской техники, в стоимость работ не входит и оплачивается учреждением здравоохранения отдельно.

Цель, задачи и виды ремонта определены в положении о ремонте медицинской техники следующим образом:

1. Целью ремонта является восстановление исправности и работоспособности медицинской техники.

2. Виды ремонта:

- текущий ремонт;
- средний ремонт;
- капитальный ремонт.

3. Основным видом ремонта медицинской техники является текущий ремонт, выполняемый по эксплуатационной документации на месте эксплуатации или на предприятии в зависимости от сложности работ и возможности транспортирования.

4. Средний и капитальный ремонт, как правило, не предусматриваются для изделий медицинской техники. Эти виды ремонта могут выполняться предприятием только при наличии ремонтной документации и в соответствии с ней, а также готовности предприятия.

5. Ремонт, как отдельный вид работ, производится для изделий медицинской техники, не стоящих на комплексном техническом обслуживании, по заявкам учреждений здравоохранения.

6. Выполнение ремонта оформляется актом установленного образца.

7. На медицинскую технику, узлы и агрегаты после проведения ремонта устанавливается гарантийный срок не менее трех месяцев. В течение гарантийного срока предприятие безвозмездно ремонтирует или заменяет отремонтированные части, вышедшие из строя не по вине учреждения. Начало гарантийного срока исчисляется со дня получения изделия учреждения из ремонта, но не более одного месяца после уведомления владельца о готовности изделия.

Гарантия предприятия на ремонт изделия оформляется гарантийным талоном установленного образца.

8. Ремонт новой медицинской техники в гарантийный период производится заводом-изготовителем или предприятием при наличии договора с ним.

9. Ремонт сложной, в том числе импортной медицинской техники, осуществляется предприятиями (фирмами) – изготовителями или специализированным управлением в соответствии с установленной номенклатурой.

Важной составляющей эксплуатационного обслуживания медицинской техники является её метрологическое обеспечение строго регламентированное соответствующими нормативными документами. В соответствии с положениями утвержденными министерством здравоохранения метрологическое обеспечение определено как комплекс работ по обеспечению точности и достоверности показаний средств измерений. Оно включает следующие виды работ, производимых базовой организацией ведомственной метрологической службы (предприятием):

- метрологическую проверку средств измерений в соответствии с регистрационными удостоверениями на право проверки;
- ремонт средств измерений медицинского назначения;
- оказание методической помощи учреждениям здравоохранения в организации работ по метрологическому обеспечению средств измерений.

Выполнение работ по метрологическому обеспечению средств измерений оформляется актом установленного образца.

Работы, связанные с монтажом и вводом в эксплуатацию медицинской техники соответствующее положение министерства здравоохранения регламентируют следующим образом:

1. Монтаж и ввод в эксплуатацию охватывает комплекс работ по установке, сборке, монтированию, настройке и пуску в эксплуатацию изделий медицинской техники во вновь строящихся и действующих учреждениях здравоохранения.

2. Монтаж изделий медицинской техники производится предприятиями «Медтехника».

С разрешения организаций «Медтехника» допускается монтаж изделий медицинской техники другими специализированными организациями или штатными персонами учреждений здравоохранения.

Монтаж особо сложной медицинской техники осуществляется предприятиями-изготовителями, а импортной – фирмами-поставщиками или силами специализированного управления.

Вызов учреждением здравоохранения специалистов для проведения монтажа медицинской техники должен согласовываться с предприятием «Медтехника».

3. Монтаж изделий медицинской техники производится по нормативно-технической документации в помещениях, соответствующих проекту и СНиПу, в которых закончены все строительные, электротехнические и отделочные работы.

4. Пуско-наладочные работы (наладка, регулировка, обкатка: апробирование) медицинской техники производится при наличии постоянного энергоснабжения, заземляющих и помехоподавляющих устройств и других инженерных коммуникаций, обеспечивающих работу оборудования.

5. Монтаж медицинской техники на вновь строящихся и реконструируемых объектах здравоохранения выполняется по договорам субподряда, и взаимоотношения организаций определяются Положением о взаимоотношениях организаций – генеральных подрядчиков с субподрядными организациями.

6. Сдача в эксплуатацию медицинской техники производится после инструктажа медицинского персонала и оформляется актом установленного образца.

7. Дефекты, обнаруженные в изделии медицинской техники в процессе монтажа и ввода в эксплуатацию, устраняются в гарантийный период за счет предприятия-изготовителя, по истечении гарантийного срока, установленного заводом, за счет учреждения здравоохранения – владельца техники.

8. Дефекты импортной медицинской техники, обнаруженные в процессе ввода в эксплуатацию в гарантийный период, устраняются за счет фирм-изготовителей. Для организации работы по устранению выявленных дефектов учреждение должно направить в соответствующую профильную организацию дефектный акт, составленный представителем бюро торговой экспертизы.

9. Демонтаж медицинской техники для ликвидации, хранения или передачи другому учреждению выполняется и оформляется аналогично по заявкам и гарантийным письмам учреждений здравоохранения.

3. Содержание работы и ее выполнение

3.1. Получить у преподавателя эксплуатационную документацию на ремонтируемый прибор и изучить порядок его разборки и сборки.

3.2. Убедиться, что прибор отключен от сети, при необходимости вынуть питающую батарею (аккумулятор).

3.3. Получить необходимый инструмент и произвести его разборку.

3.4. Определить элемент названный преподавателем как подлежащей к замене.

3.5. Произвести замену (перепайку) заданного элемента.

3.6. Выполнить сборку прибора.

4. Контрольные вопросы и задачи

4.1. Порядок работы при распайке радиоэлементов.

4.2. Опишите технологию разборки и сборки заданного прибора.

4.3. Назовите основные функции и задачи реализуемые предприятием системы «Медтехника».

4.4. Как регламентируется комплексное техническое обслуживание медицинской техники?

4.5. Назовите цели, задачи и виды ремонта медицинской техники.

Лабораторная работа № 2.

Определение работоспособность узлов и блоков электронной медицинской аппаратуры по ее компьютерной модели.

1. Цель работы: Закрепление навыков в поиске и устранении неисправностей изделий и устранении неисправностей изделий медицинского назначения по их компьютерным моделям.

2. Информационные материалы к заданию

К задачам диагностирования относятся контроль и прогнозирование состояния технического средства, а также оценка параметров контролируемых объектов, поиск места и определение причин отказов или сбоев.

Согласно [24] под контролем понимается проверка соответствия значений параметров объекта требованиям технической документации и определение на этой основе одного из заданных видов технического состояния в данный момент времени (например, работоспособное или неработоспособное), а под прогнозированием – определение технического состояния объекта с заданной вероятностью на предстоящий интервал времени. Указанные процессы объединяются более общим понятием – техническое диагностирование – процесс определения технического состояния. При этом к задачам диагностирования могут относиться как контроль или прогнозирование, так и собственно оценка параметров объектов, поиск места и определение причин отказа (последнюю задачу часто называют поиском дефектов).

В зависимости от принципа выделения необходимой информации различают два вида диагностирования: тестовое диагностирование (ТД) и функциональное диагностирование (ФД).

Система тестового диагностирования (тестового контроля) предназначена для выработки и подачи на объект диагностирования специальных воздействий. По принятым ответам объекта система должна принять решение относительно его исправности и, возможно, указать местонахождение неисправного элемента.

Система функционального диагностирования (аппаратный или схемный контроль) не генерирует специальных тестовых воздействий. Она принимает решение об исправности объекта диагностирования непосредственно в процессе его рабочего функционирования. Достигается это с помощью избыточного кодирования информации в устройстве либо за счёт специально введенной схемной избыточности либо, наконец, за счёт комбинирования этих способов в одном объекте диагностирования.

Системы тестового и функционального диагностирования, решая одни и те же задачи, используют совершенно различные методы. Однако ряд основных понятий и в первую очередь классы неисправностей объектов диагностирования, трудоёмкость процесса диагностирования, «приспособленность» объекта диагностирования для обнаружения (поиска) неисправностей в нём являются общими для любых методов диагностирования.

Обобщённые схемы тестового и функционального диагностирования показаны на рис 2.1

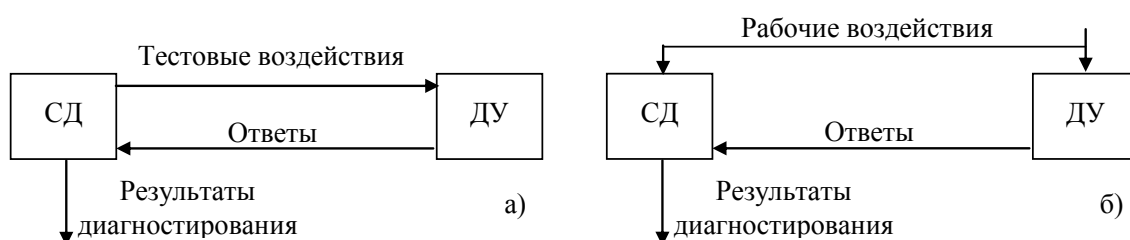


Рис.2.1. Обобщенные схемы систем тестового (а) и функционального (б) диагностирования. СД – средство диагностирования; ДУ – диагностируемое устройство

На рис.2.2 приведена укрупнённая схема классификации средств диагностирования применяемых в медицинском приборостроении.

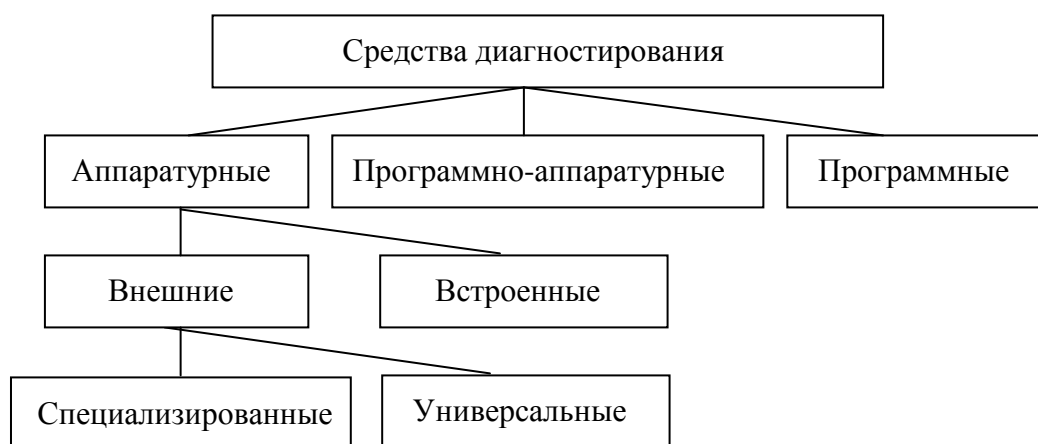


Рис. 2.2. Классификация средств диагностирования

Процесс диагностирования состоит из определённых частей (элементарных проверок), каждая из которых характеризуется подаваемым на устройство тестовым или рабочим воздействием и снимаемым с устройства ответом. Получаемое значение ответа (значение сигналов в контрольных точках) называется результатом элементарной проверки.

Объектом элементарной проверки назовём ту часть аппаратуры диагностируемого устройства, на поверку которой рассчитано тестовое или рабочее воздействие элементарной проверки.

Совокупность элементарных проверок, их последовательность и правила обработки результатов определяют алгоритм диагностирования.

Алгоритм диагностирования называется безусловным, если он задаёт одну фиксированную последовательность реализации элементарных проверок.

Алгоритм диагностирования называется условным, если он задаёт несколько различных последовательностей реализации элементарных проверок.

Процесс разработки систем диагностирования состоит из следующих этапов (2.3):

- выбора метода диагностирования;
- разработки аппаратурных средств диагностирования;
- разработки диагностических тестов;
- разработки диагностических справочников;
- проверки качества системы диагностирования;

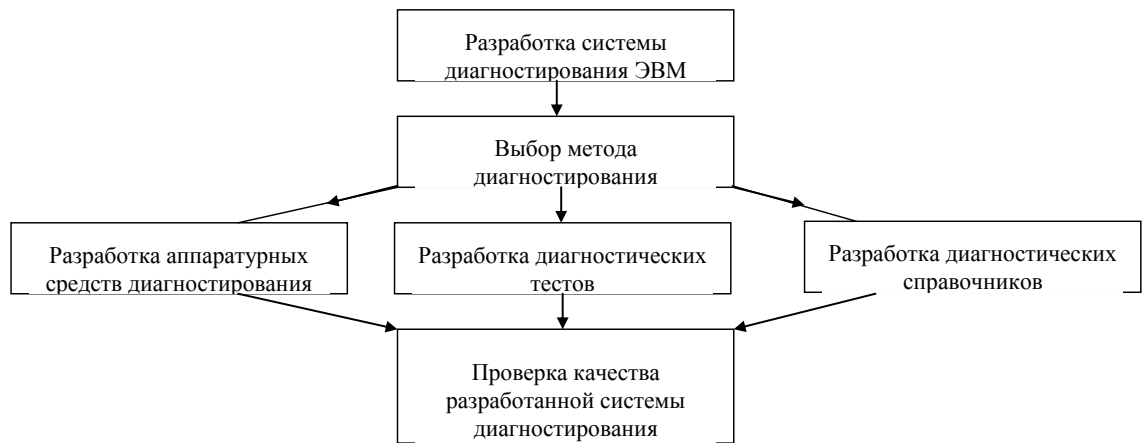


Рис. 2.3. Этапы проектирования систем тестового диагностирования

Для сравнения различных систем диагностирования и оценки их качества чаще всего используются следующие показатели:

вероятность обнаружения неисправности F ;

вероятность правильного диагностирования D .

Неисправность диагностирована правильно, если неисправный блок указан в разделе диагностического справочника, соответствующим коду останова. В противном случае неисправность считается обнаруженной, но нелокализованной. Для изделий с развитой системой диагностирования обычно $F \geq 0.95$, $D \geq 0.90$. В том случае, когда неисправность только обнаружена, необходимы дополнительные процедуры по её локализации;

средняя продолжительность однократного диагностирования $\bar{\tau}_д$. Величина $\bar{\tau}_д$ включает в себя продолжительность выполнения вспомогательных операций диагностирования и продолжительность собственно диагностирования. Часто удобнее использовать коэффициент продолжительности диагностирования

$$k_д = 1 - \bar{\tau}_д / \bar{T}_в, \quad (2.1)$$

где $\bar{T}_в$ - время восстановления. Коэффициент $k_д$ показывает, какая часть времени восстановления остаётся на восстановительные процедуры. Так, например, если $\bar{\tau}_д = 15 \text{ мин}$, а $\bar{T}_в = 60 \text{ мин}$, $k_д = 1 - 15/60 = 0.75$;

глубина поиска дефекта L . Величина L указывает составную часть диагностируемого устройства с точностью, до которой определяется место дефекта.

За глубину поиска дефекта L может приниматься число предполагаемых неисправными сменных блоков (СБ), определяемое по формуле

$$L = \left(\sum_{i=1}^N n_i \right) / N, \quad (2.2)$$

где n_i - число предполагаемых неисправными сменных блоков при i -й неисправности; N – общее число неисправностей.

В качестве показателя глубины поиска дефекта можно также использовать коэффициент глубины поиска дефекта $k_{Г.П.Д.}$, определяющий долю неисправностей, локализуемых с точностью до M сменных блоков, $M=1,2,3,\dots,m$.

Пусть $d_i=1$, если при i -й неисправности число подозреваемых сменных блоков не превышает M . В противном случае $d_i=0$. Тогда ($n_i \leq M$)

$$k_{Г.П.Д.} = \sum_{i=1}^N d_i / N. \quad (2.3)$$

Как правило, изделия медицинской техники представляют собой достаточно сложные технические объекты, содержащие аналоговую и цифровую части, которые могут находиться во взаимодействии с механическими, гидравлическими, пневматическими и т.д. системами, что необходимо учитывать при проектировании соответствующих диагностических систем. При этом в современных медицинских изделиях роль средства диагностирования выполняют цифровые системы (внешние или внутренние, решающие основные или специально встраиваемые только для решения задач диагностирования).

3. Содержание работы и ее выполнение

3.1. Получите у преподавателя номер варианта Вашего задания.

3.2. С помощью программы схемотехнического моделирования получите диаграммы работы неисправной схемы.

3.3. Используя графики, полученные в предыдущем пункте, а также аналитические расчеты, найдите неисправный узел.

3.4. Замените в модели схемы неисправный узел, рассчитайте диаграммы работы исправной схемы.

4. Составьте отчет, в котором необходимо отразить все используемые расчеты, графики и диаграммы.

4.1. Определите понятие контроля изделий медицинской техники.

4.2. Какие виды диагностирования Вы знаете, и как они реализуются.

4.3. Приведите классификацию средств диагностирования.

4.4. Перечислите показатели характеризующие качество систем диагностирования.

Лабораторная работа № 3.

Проверка работоспособности электрокардиографа типа ЭК 1Т 03 МЧ

1. Цель работы: приобретение навыков в проверке параметров характеризующих качество работы электрокардиоприборов.

2. Информационные материалы к занятию

В этом разделе к электрокардиоприборам (ЭКП) будем относить электрокардиографы, электрокардиоскопы и электрокардиоанализаторы различных типов, проверка которых производится по методике ВНИИИМТ оформленной четырьмя разделами.

1. Операции проверки

При проведении проверки должны быть выполнены операции, указанные в таблице 3.1.

Таблица 3.1

Операции проверки ЭКП

Наименование операции проверки	Номера пунктов методики
Внешний осмотр	4.1
Опробование	4.2
Определение точностных характеристик	4.3
Определение значений отклонений амплитудных параметров ЭКГ-сигнала	4.3.1
Определение значений отклонений временных параметров ЭКГ-сигнала	4.3.2

2. Средства поверки

2.1. При проведении поверки должны применяться средства, указанные в табл. 3.2

Таблица 3.2

Технические средства проверки ЭКП

Наименование средства	Основные технические и метрологические характеристики
1. Генератор функциональный ГФ-05	Диапазон частот: 0,01—600 Гц. Погрешность установки частоты: $\pm 0,5\%$ Диапазон размаха напряжения выходного сигнала: 0,03 мВ—10 В. Погрешность установки размаха напряжения выходного сигнала: $\pm 1,25\%$ для значений размаха: 0,3; 0,4; 0,5; 0,6; 0,7; 0,8; 1,0; 1,5; 2,0; 3,0; 4,0; 5,0; 6,0; 7,0; 8,0; 9,0; 10,0 В; $\pm 1,5\%$ для значений размаха: 0,3; 0,4; 0,5; 0,6; 0,7; 0,8; 1,0; 1,5; 2,0; 3,0; 4,0; 5,0; 6,0; 7,0; 8,0; 9,0; 10,0 мВ; $\pm 2,5\%$ для значений размаха: 0,1; 0,2 В; $\pm 3,0\%$ для значений размаха: 0,1; 0,2 мВ; $\pm 8,0\%$
2. Проверочное коммутационное устройство ПКУ	Параметры эквивалента «кожа-электрод»: R1 = 51 кОм $\pm 5\%$; C = 47 нф $\pm 10\%$; Сопротивление в цепи нейтрального электрода R2 = 100 Ом $\pm 5\%$; R3 = 2,2 Мом
3. Лупа измерительная	Увеличение — 10. Предел измерения — 15 мм. Цена
4. Линейка металлическая ГОСТ 17435—72	Пределы измерения (0—500) мм Погрешность измерения 1 мм

Примечание. Вместо указанных в табл. 3.2 средств поверки по п.п. 3 и 4 разрешается применять другие аналогичные средства, обеспечивающие измерение параметров сигналов с требуемой точностью.

3. Условия проверки и подготовка к ней

3.1. При проведении поверки должны соблюдаться следующие условия:

- температура окружающего воздуха $(20 \pm 5)^\circ\text{C}$;
- атмосферное давление (630—800) мм рт. ст. (840—1067) гПа;
- относительная влажность $(65 \pm 15)\%$;
- напряжение питающей сети $(220 \pm 4,4)$ В;
- частота питающей сети $(50 \pm 0,5)$ Гц;

—на рабочем месте сетевые цепи, для исключения электромагнитных помех, должны быть разнесены от входных цепей электрокардиоприбора на достаточное расстояние;

—вблизи рабочего места не должно быть источников электромагнитных помех.

3.2. Перед проведением поверки выполнить следующие подготовительные работы:

—проверить на средствах измерений наличие отметок об их поверке;

—подготовить к работе проверяемый прибор и средства поверки согласно инструкциям по их эксплуатации;

—соединить проверяемый прибор и генератор функциональный ГФ-05, обратив особое внимание на качество заземления и защиту мест контактных соединений от воздействия помех.

4. Проведение проверки

4.1. Внешний осмотр.

4.1.1. При проведении внешнего осмотра электрокардиоприбора должно быть проверено:

—наличие формуляра (паспорта), технического описания и инструкции по эксплуатации на проверяемый прибор;

—соответствие комплектности формуляру (паспорту);

—отсутствие механических повреждений, влияющих на его работоспособность;

—наличие и прочность крепления органов управления и коммутации; четкость фиксации их положений, плавность вращения ручек органов регулировки, наличие предохранителей;

—обеспечение чистоты разъемов кабеля отведений;

—состояние лакокрасочных покрытий и четкость маркировки.

Примечание. Допускается проводить проверку ЭКП без запасных частей и принадлежностей, не влияющих на его работоспособность и на результаты проверки.

4.2. Опробование

При опробовании проводится:

4.2.1. Проверка действия органов управления и индикации в соответствии с инструкцией по эксплуатации ЭКП.

4.2.2. Проверка функционирования регистрирующего

устройства в соответствии с инструкцией по эксплуатации ЭКП.

4.2.3. Проверка влияния переключений чувствительности на положение нулевой линии для всех значений чувствительности.

Допускается изменение положения нулевой линии от первоначального не более чем 2 мм для электрокардиографа и $\pm 10\%$ ширины изображения для электрокардиоскопа.

4.2.4. Определение возможности калибровки ЭКП по встроенному калибратору.

В соответствии с инструкцией по эксплуатации проверяемого ЭКП необходимо провести запись калибровочного сигнала от встроенного калибратора при всех значениях чувствительностей.

При установке чувствительности 20 мм/мВ измеренное значение размаха калибровочного сигнала должно быть в пределах от 19 до 21 мм.

При невыполнении любого требования п.п. 4.1 и 4.2 дальнейшая проверка прекращается. В журнале делается запись о непригодности ЭКП и сообщается об этом инженерно-техническому составу ЛПУ.

Примечание. У ЭКП, имеющих плавную регулировку чувствительности, дополнительно определяется возможность установки номинального размаха калибровочного сигнала ($h_{\text{НОМ}}$) и запаса регулировки ($\pm 10\% h_{\text{НОМ}}$) при всех значениях фиксированной чувствительности.

4.3. Определение точностных характеристик

Определение точностных характеристик ЭКП сводится к сравнению формы и амплитудно-временных параметров нормированного испытательного ЭКГ- сигнала, подаваемого с выходов генератора ГФ-05 через импедансы «Электрод - кожа» (параллельно соединенные $R=51 \text{ кОм} \pm 5\%$ и $C = 47 \text{ нФ} \pm 10\%$) на входы ЭКП с формой и амплитудно-временными параметрами этого сигнала на выходе ЭКП по записи (изображению) и по распечатке, которые должны соответствовать эталонному рисунку и табл. 2.3÷2.8

Таблица 3.3.

**Амплитудные параметры в режиме установки на ГФ-05
«РАЗМАХ СИГН. V, mV»-2.0 мВ, Поверяемые отведения: I, II**

Наименование амплитудного параметра элемента ЭКГ-сигнала	Допуст. погреш. %	Значение амплитуды элемента ЭКГ-сигнала на выходе ЭКП											
		мВ			мм, при S=10 мм/мВ			мм, при S=5 мм/мВ			мм, при S=20 мм/мВ		
		Номинал.	Мин.	Макс.	Номинал.	Мин.	Макс.	Номинал.	Мин.	Макс.	Номинал.	Мин.	Макс.
A1 Размах сигнала	14/10	2,0	1,72/ 1,80	2,28/ 2,20	20,00	17,20/ 18,00	22,80/ 22,00	10,00	8,60/ 9,00	11,40/ 11,00	40,00	32,40/ 36,00	45,60/ 44,00
A2 Амплитуда зубца P	20/15	0,234	0,187/ 0,199	0,281/ 0,269	2,34	1,87/ 1,99	2,81/ 2,69	1,17	0,94/ 0,99	1,41/ 1,35	4,68	3,74/ 3,98	5,62/ 5,38
A3 Амплитуда седловины зубца P		0,196	0,157/ 0,167	0,235/ 0,225	1,96	1,57/ 1,67	2,35/ 2,25	0,98	0,79/ 0,84	1,18/ 1,13	3,92	3,14/ 3,34	4,70/ 4,50
A4 Амплитуда зубца P'		0,234	0,187/ 0,199	0,281/ 0,269	2,34	1,87/ -1,99	2,81/ 2,69	1,17	0,94/ -0,99	1,41/ 1,35	4,68	3,74/ 3,98	5,62/ 5,38
A5 Амплитуда зубца Q		-0,394	-0,315/ -0,355	-0,473/ -0,453	-3,94	-3,15/ -3,35	-4,73/ -4,53	-1,97	-1,58/ -1,68	-2,37/ -2,27	-7,88	-6,30/ -6,70	-9,46/ -9,06
A6 Амплитуда зубца R	14/10	1,606	1,381/ 1,445	1,831/ 1,767	16,06	13,81/ 14,45	18,31/ 17,67	8,03	6,91/ 7,23	9,16/ 8,83	32,12	27,62/ 28,90	36,62/ 35,34
A7 Амплитуда седловины зубца R		0,716	0,616/ 0,644	0,816/ 0,788	7,16	6,18/ 6,44	8,16/ 7,88	3,58	3,08/ 3,22	4,08/ 3,94	14,32	12,32/ 12,88	16,32/ 15,76
A8 Амплитуда зубца R'		1,068	0,918/ 0,961	1,218/ 1,175	10,68	9,18/ 9,61	12,18/ 11,75	5,34	4,59/ 4,81	6,09/ 5,88	21,38	18,36/ 19,22	24,36/ 23,50
A9 Уровень сегмента ST	20/15	-0,116	-0,093/ -0,099	-0,139/ -0,133	-1,16	-0,93/ -0,99	-1,39/ -1,33	-0,58	-0,47/ -0,50	-0,69/ -0,67	-2,32	-1,86/ -1,98	-2,78/ -2,66
A 10 Амплитуда зубца T		-0,408	-0,326/ -0,347	-0,490/ -0,469	-4,08	-3,26/ -3,47	-4,90/ -4,69	-2,04	-1,63/ -1,74	-2,45/ -2,35	-8,16	-6,52/ -6,94	-9,80/ -9,38

Таблица 3.4

Амплитудные параметры в режиме установки на ГФ-05 «РАЗМАХ СИГН. V, mV» — 2,0 мВ;
Проверяемые отведения: aVR

Наименование амплитудного параметра элемента ЭКГ-сигнала	Допуст. погрешин %	Значение амплитуды элемента ЭКГ-сигнала на выходе ЭКП											
		мВ			мм. при S= 10 мм/мВ			мм, при S=5 мм/мВ			мм, при S=20 мм/мВ		
		Номи н.	Мин.	Макс	Номи н.	Мин.	Макс	Номи н.	Мин.	Макс	Номи н.	Мин.	Макс
A 1 Размах сигнала	4/10	2,0	1,72/1,80	2,28/2,20	20,00	17,20/18,00	22,80/22,00	10,00	8,60/9,60	11,40/11,00	40,00	34,40/36,00	45,60/44,00
A2 Амплитуда зубца P	20/15	-0,234	-0,187/	-0,281/	-2,34	-1,87/-1,99	-2,81/-2,69	-1,17	-0,94/-0,99	-1,41/-1,35	-4,68	-3,74/-3,98	-5,62/-5,38
A3 Амплитуда седловины зубца P		-0,196	-0,157/-0,167	-0,235/	-1,96	-1,57/-1,67	-2,35/-2,25	-0,98	-0,79/-0,84	-1,18/-1,13	-3,92	-3,14/-	-4,70/-
A4 Амплитуда зубца P'		-0,234	-0,187/	-0,281/-0,269	-2,34	-1,87/-1,99	-2,81/-2,69	-1,17	-0,94/-0,99	-1,41/-1,35	-4,68	-3,74/-3,98	-5,62/-5,38
A5 Амплитуда зубца R		0,394	0,315/0,355	0,473/0,453	3,94	3,15/3,35	4,73/4,53	1,97	1,58/1,68	2,37/2,27	7,88	6,30/6,70	9,46/9,06
A6 Амплитуда зубца S	4/10	-1,606	-1,381/	-1,831/	16,06	13,81/14,45	18,31/17,67	-8,03	6,91/-7,23	-9,16/-8,83	32,12	27,62/28,90	36,62/35,34
A7 Амплитуда седловины зубца S		-0,716	-0,616/-0,644	-0,816/	-7,16	6,16/-6,44	-8,16/-7,88	-3,58	-3,08/-3,22	-4,08/-3,94	14,32	12,32/12,88	16,32/15,76
A8 Амплитуда зубца S'		-1,068	-0,918/-	-1,218/-1,175	10,68	-9,18/-9,61	12,18/11,75	-5,34	-4,59/-4,81	-6,09/-	21,38	18,36/19,22	24,36/23,50
A9 Уровень сегмента ST	0/15	0,116	0,093/0,099	0,139/0,133	1,16	0,93/0,99	1,39/1,33	0,58	0,47/0,50	0,69/0,67	2,32	1,86/1,98	2,78/2,66
A 10 Амплитуда зубца T		0,408	0,326/0,347	0,490/0,469	4,08	3,26/3,47	4,90/4,69	2,04	1,63/1,74	2,45/2,35	8,16	6,52/6,94	9,80/9,38

Таблица 3..5

Амплитудные параметры в режиме установки на ГФ-05 «РАЗМАХ СИГН V, mV» — 2,0 мВ;
Проверяемые отведения: aVL, aVF

Наименование амплитудного параметра элемента ЭКГ-сигнала	допуст. погрешин %	Значение амплитуды элемента ЭКГ-сигнала на выходе ЭКП											
		мВ			мм, при S= 10 мм/мВ			мм, при S=5 мм/мВ			мм, при S=20 мм/мВ		
		Номи н.	Мин.	Макс.	Номи н.	Мин.	Макс.	Номи н.	Мин.	Макс.	Номи н.	Мин.	Макс.
A1 Размах сигнала	4/10	1,0	0,86/0,90	1,14/1,10	10,00	8,60/9,00	11,40/11,00	5,00	4,30/4,50	5,70/5,50	20,00	17,20/18,00	22,80/22,00
A2 Амплитуда зубца P	20/15	0,117	0,094/0,099	0,140/0,135	1,17	0,94/0,99	1,41/1,35	0,58	4,47/0,50	0,70/0,67	2,34	1,87/1,99	2,81/2,669
A3 Амплитуда седловины зубца P		0,098	0,078/0,083	0,118/0,113	0,98	0,79/0,84	1,18/1,13	0,49	0,39/0,42	0,59/0,57	1,96	1,57/1,67	2,35/2,25
A4 Амплитуда зубца P'		0,117	0,094/0,099	0,140/0,135	1,17	0,94/-0,99	1,41/1,35	0,58	0,47/0,50	0,70/0,67	2,34	1,87/-1,99	2,81/2,69
A5 Амплитуда зубца Q		-0,197	-0,158/-0,167	-0,236/-0,226	-1,97	-1,58/-1,68	-2,37/-2,27	-0,98	-0,79/-0,84	-1,19/-1,14	-3,94	-3,15/-3,35	-4,73/-4,53

A6 Амплитуда зубца R	14/10	0,803	0,691/ 0,723	0,915/ 0,883	8,03	6,91/ 7,23	9,16/ 8,83	4,02	3,45/ 3,61	4,58/ 4,42	16,06	13,81/ 14,45	18,31/ 17,67
A7 Амплитуда седловины зубца R		0,358	0,286/ 0,304	0,430/ 0,412	3,58	2,86/ 3,04	4,10/ 4,12	1,79	1,43/ 1,52	2,15/ 2,06	7,16	5,73/ 6,09	8,59/ 8,23
A8 Амплитуда зубца R'		0,534	0,459/ 0,481	0,609/ 0,587	5,34	4,59/ 4,81	6,09/ 5,88	2,67	2,30/ 2,40	3,05/ 2,94	10,68	9,18/ 9,61	12,18/ 11,75
A9 Уровень сегмента ST	20/15	-0,058	-0,046/ -0,049	-0,070/ -0,067	-0,58	-0,46/ -0,49	-0,70/ -0,67	-0,29	-0,23/ -0,24	-0,35/ -0,34	-1,16	-0,93/ -0,99	-1,39/ -1,33
A 10 Амплитуда зубца T		-0,204	-0,163/ -0,173	-0,245/ -0,235	-2,04	-1,63/ -1,73	-2,45/ -2,35	-1,02	-0,81 / -0,86	-1,23/ -1,18	-4,08	-3,26/ -3,47	-4,90/ -4,69

Таблица 3.6

**Амплитудные параметры в режиме установки на ГФ-05
«РАЗМАХ СИГН. V, mV»-2.0 мВ;
Проверяемые отведения: VI — V6**

Наименование амплитудного параметра элемента ЭКГ-сигнала	Допуст. погрешн %	Значение амплитуды элемента ЭКГ-сигнала на выходе ЭКП											
		мВ			мм, при S=10 мм/мВ			мм, при S=5 мм/мВ			мм, при S=20 мм/мВ		
		Номин.	Мин.	Макс.	Номин.	Мин.	Макс.	Номин.	Мин.	Макс.	Номин.	Мин.	Макс.
A1 Размах сигнала	4/10	0,667	0,57/ 0,60	0,76/ 0,73	6,67	5,74/ 6,00	7,60/ 7,33	3,33	2,87/ 3,00	3,80/ 3,67	13,34	11,48/ 12,00	15,20/ 14,66
A2 Амплитуда зубца P	-	0,078	—	—	0,78	—	—	0,39	—	—	1,56	—	—
A3 Амплитуда седловины зубца P		0,065	—	—	0,65	—	—	0,33	—	—	1,31	—	—
A4 Амплитуда зубца P'		0,078	—	—	0,78	—	—	0,39	—	—	1,56	—	—
A5 Амплитуда зубца Q	20/15	-0,131	-0,105/ -0,111	-0,157/ -0,151	-1,31	-1,05/ -1,11	-1,57/ -1,51	-0,66	-0,52/ -0,56	-0,79/ -0,76	-2,62	-2,10/ -2,23	-3,14/ -3,02
A6 Амплитуда зубца R	14/10	0,535	0,460/ 0,481	0,610/ 0,589	5,35	4,60/ 4,81	6,10/ 5,89	2,67	2,30/ 2,40	3,05/ -2,95	10,71	9,20/ 9,62	12,20/ 11,78
A7 Амплитуда седловины зубца R	20/15	0,239	0,191/ 0,203	0,287/ 0,275	2,39	1,91/ 2,03	2,87/ 2,75	1,19	0,95/ 1,01	1,44/ 1,38	4,78	3,82/ 4,06	5,74/ 5,50
A8 Амплитуда зубца R'		0,356	0,285/ 0,303	0,427/ 0,409	3,56	2,85/ 3,03	4,27/ 4,09	1,78	1,42/ 1,51	2,14/ 2,05	7,12	5,70/ 6,06	8,54/ 8,18
A9 Уровень сегмента ST		-0,039	-0,031/ -0,033	-0,047/ -0,045	-0,39	-0,31/ -0,33	-0,47/ 0,45	-0,19	—	—	-0,78	-0,62/ -0,66	-0,93/ -0,90
A 10 Амплитуда зубца T		-0,136	-0,109/ -0,116	-0,163/ -0,156	-1,36	-1,09/ -1,16	-1,63/ -1,55	-0,68	-0,54/ -0,56	-0,82/ -0,78	-2,72	-2,17/ -2,31	-3,27/ -3,13

Таблица 3.7

Временные параметры в режиме установки на ГФ-5
«частота Hz» — 0,75 Гц;
Проверяемые отведения: I, II, aVL, aVF, VI — V6

Наименование амплитудного параметра элемента ЭКГ-сигнала			Допуст. Погрешн %	Значение длительности элемента ЭКГ-сигнала на выходе электрокардиоприбора									
				мс			мм, при V=25 мм/сек			мм, при V=50 мм/сек			
				Номин.	Мин.	Макс.	Номин.	Мин.	Макс.	Номин.	Мин.	Макс.	
Т1 Интервал RR			5	1333,3	1266,4	1399,7	33,33	31,36	34,69	66,67	63,32	69,98	
Т2 Зубец P				132,7	119,4/ 123,4	145,9/ 142,0	3,32	2,99/ 3,09	3,65/ 3,55	6,64	5,98/ 6,18	7,30/ 7,10	
Т3 Комплекс QRS				94,7	85,2/ 88,1	104,2/ 101,3	2,37	2,13/ 2,20	2,60/ 2,53	-4,74	4,26/ 4,40	5,21/ 5,07	
Т4. Зубец Q				21,3	16,0/ 16,0	24,0/ 24,0	0,53	0,50/ 0,50	0,57/ 0,57	1,07	0,99/ 0,99	1,14/ 1,14	
Т5 Зубец R				73,3	66,0/ 65,2	80,6/ 78,4	1,83	1,65/ 1,70	2,02/ 1,96	3,67	3,30/ 3,41	4,03/ 3,92	
Т6 Интервал PQ (PR)				10/7	165,3	148,8/ 153,7	181,8/ 176,9	4,13	3,72/ 3,84	4,54/ 4,42	8,27	7,44/ 7,69	9,09/ 8,84
Т7 Интервал QT					516,0	464,4/ 479,9	567,6/ 552,1	12,90	11,61/ 12,00	14,19/ 13,80	25,80	23,22/ 23,99	28,38/ 27,61
T8	Интервал Внутреннего отклонения	QR _{макс} QR' (DAV)			42,7	38,4/ 39,7	47,0/ 45,7	1,07	0,96/ 0,99	1,17/ 1,14	2,14	1,92/ 1,99	2,35/ 2,28
T9		74,0			66,6/ 68,8	81,4/ 79,2	1,85	1,66/ 1,72	2,04/ 1,98	3,70	3,33/ 3,44	4,07/ 3,96	
Т10 Зубец T					212,0	190,2/ 197,2	233,2/ 226,8	5,30	4,77/ 4,93	5,83/ 5,67	10,60	9,54/ 9,86	11,66/ 11,34
Т11 Интервал от начала зубца T до окончания зубца P					1000,0	900,0/ 930	1100,0/ 1070,0	25,00	22,50/ 23,25	27,50/ 26,75	50,00	45,00/ 46,50	55,00/ 53,50

Таблица 3.8

Временные параметры в режиме установки на ГФ-05
«Частота Hz» - 0,75 Гц; Проверяемые отведения: aVR

Наименование амплитудного параметра элемента ЭКГ-сигнала			Допуст. погрешн %	Значение длительности элемента ЭКГ-сигнала на выходе электрокардиоприбора								
				мс			мм, при V=25 мм/сек			мм, при V=50 мм/сек		
				Номин.	Мин.	Макс.	Номин.	Мин.	Макс.	Номин.	Мин.	Макс.
Т1 Интервал RR			5	1333,3	1266,4	1399,7	33,33	31,66	34,69	66,67	63,32	69,98
Т2 Зубец P				132,7	119,4/ 123,4	145,9/ 142,0	3,32	2,99/ 3,09	3,65/ 3,55	6,64	5,98/ 6,18	7,30/ 7,10
Т3 Комплекс QRS				94,7	85,2/ 88,1	104,2/ 101,3	2,37	2,13/ 2,20	2,60/ 2,53	-4,74	4,26/ 4,40	5,21/ 5,07

T4. Зубец Q	10/7	21,3	16,0/ 16,0	24,0/ 24,0	0,53	0,50/ 0,50	0,57/ 0,57	1,07	0,99/ 0,99	1,14/ 1,14
T5 Зубец R		73,3	66,0/ 65,2	80,6/ 78,4	1,83	1,65/ 1,70	2,02/ 1,96	3,67	3,30/ 3,41	4,03/ 3,92
T6 Интервал PQ (PR)		165,3	148,8/ 153,7	181,8/ 176,9	4,13	3,72/ 3,84	4,54/ 4,42	8,27	7,44/ 7,69	9,09/ 8,84
T7 Интервал QT		516,0	464,4/ 479,9	567,6/ 552,1	12,90	11,61/ 12,00	14,19/ 13,80	25,80	23,22/ 23,99	28,38/ 27,61
T8 Интервал внутреннего отклонения DAV		12,0	10,8/ 112	13,2/ 12,8	0,30	0,27/ 0,28	0,33/ 0,32	0,60	0,54/ 0,56	0,66/ 0,64
T10 Интервал от начала зубца T до окончания зубца P		212,0	190,2/ 197,2	233,2/ 226,8	5,30	4,77/ 4,93	5,83/ 5,67	10,60	9,54/ 9,86	11,66/ 11,34

Включить генератор ГФ-05 и проверяемый ЭКП в сеть питания и прогреть их в течении времени, указанного в эксплуатационной документации.

Органы управления генератора ГФ-05 установить в следующее положение:

- Вид сигнала — нажать кнопки «А» и «В» (ЭКГ-сигнал);
- ЧАСТОТА Hz — нажать кнопки «75» и «1:100» (0,75 Гц);
- РАЗМАХ СИГН. V, mV — нажать кнопку «2,0» (2,0 мВ).

По каждому отведению (группе отведений) осуществляют воспроизведение (запись) 3—5 периодов испытательного ЭКГ-сигнала с частотой повторения 0,75 Гц (ЧСС = 45 уд/мин), размахом напряжения 2 мВ в режимах с фиксированными значениями чувствительности S и скорости движения носителя записи (скорость развертки) Un ЭКП в соответствии с табл.3.9 и примечанием к ней.

Установка режимов записи производится в следующем порядке:

1. На ЭКП установить необходимое отведение или группу отведений (I,II,III, aVR, aVL, aVF, VI—V6), начиная с первого отведения (первой группы отведений).

2. На ЭКП установить необходимую чувствительность (5, 10, 20 мм/мВ).

3. Установить необходимую скорость движения носителя записи (развертку) на ЭКП и произвести запись (развертку) ЭКГ-сигнала на носителе (на экране ЭЛТ).

Таблица режимов

Номер режима	Органы управления ЭКП	
	Чувствительность, мм/мВ	Скорость движения носителя записи (скорости развертки)
1	20	25
2	10	25
3	5	25
4	10	50

Произвести сравнение формы сигнала на записи (развертке) во всех отведениях с эталонной формой сигнала. На записи отведения 111 — нулевая линия (из-за взаимовлияния каналов на записи отведения 111 допускается появление выбросов с размахом не более 2% от размаха сигнала на записях отведении I (II) на местах, соответствующих зубцу R в других отведениях). Наличие искажений форм сигналов на записях отведений 1,11, aVR, aVL, aVF, VI—V6 (появление выбросов, сглаживание расщеплений зубцов P, R, S (в отведении aVR и т. п. искажения) не допускается.

По всем отведениям произвести измерение амплитудных и временных параметров элементов ЭКГ-сигналов.

Примечание. Все измерения производить без учета толщины линии записи.

4.3.1. Определение значений отклонений амплитудных параметров ЭКГ-сигнала.

Определение значений отклонений амплитудных параметров ЭКГ-сигнала производится во всех каналах путем сравнения измеренных значений размаха сигнала и амплитуд зубцов P, Q, R, S, T, уровней ST на записях (изображениях) и (или) на «распечатке» с данными, приведенными в табл. 2.3; 2.4; 2.5; 2.6.

Если измеренные значения амплитудных параметров находятся в пределах, указанных в таблицах значений (в графах «мин» и «макс»), то делается заключение, что относительная погрешность измерения напряжения находится в пределах $\pm 20\%$ (или $\pm 15\%$) для напряжений в диапазоне от 0,058 до 0,5 мВ и $\pm 14\%$ (или $\pm 10\%$) для напряжений в диапазоне от 0,5 до 4 мВ.

Для указанных диапазонов может быть определено значение относительной погрешность измерения напряжения амплитудных параметров G_u , в %, по формуле:

$$\delta_u = \frac{U_{изм} - U_{ex}}{U_{ex}} \times 100, \quad (3.1)$$

где

$U_{изм} = h_{изм} / S_{ном}$ – размах (амплитуда) напряжения, подаваемого на вход прибора, мВ (из табл.2.3; 2.4; 2.5;2.6)

$h_{изм}$ – линейный размер размаха (амплитуды) регистрируемого сигнала, мм;

$S_{ном}$ - номинальное значение, установленной на приборе чувствительности, мм/мВ.

Если определенные значения относительной погрешности находятся в пределах значений, приведенных в технической документации на проверяемый прибор, то ЭКП признается годным.

4.3.2. Определение значений отклонения временных параметров ЭКГ-сигнала.

Определение значений отклонения временных параметров ЭКГ-сигнала производится во всех каналах ЭКП путем сравнения измеренных значений временных параметров ЭКГ-сигнала (длительностей зубцов P, Q, R, S, T, интервалов PQ (PR), QT; внутреннего отклонения $QR_{макс}$; RR; комплекса QRS) на записях («распечатке») с данными, приведенными в табл. 2.7 и 2.8.

Если измеренные значения временных интервалов находятся в пределах, указанных в табл. 2.7 и 2.8, то делается заключение о том, что относительная погрешность измерения временных интервалов лежит в пределах $\pm 10\%$ или $\pm 7\%$, а относительная погрешность установки скорости движения носителя записи (скорость развертки), определяемая по результатам измерения интервалов RR, лежит в пределах $\pm 5\%$.

Определение значения относительной погрешности измерения временных интервалов G_T , в %, производится по формуле

$$\delta_T = \frac{(T_{изм} - T_{ном})}{T_{ном}} \times 100 = \frac{(L_{изм} - L_{ном})}{L_{ном}} \times 100, \quad (3.2)$$

где

$L_{изм}$ и $L_{ном}$ — соответственно измеренное и номинальное значение отрезка носителя записи, мм, соответствующих временным интервалам $T_{изм}$ и $T_{ном}$, с.

Вычисленное значение σ_t по всем каналам и во всех режимах записи должно находиться в пределах:

- $\pm 10\%$ для ЭКП, разработанных до 1995 г.;
- $\pm 7\%$ для ЭКП, разработанных после 01.01.1995 г.; а по интервалу RR — в пределах $\pm 5\%$.

Если определенное значение погрешности измерения временных интервалов соответствует требованиям технической документации на проверяемый ЭКП, то ЭКП признается годным.

5. Оформление результатов проверки

5.1. Электрокардиоприборы, проверенные в соответствии с настоящей инструкцией и удовлетворяющие всем требованиям технической документации, признаются годными и допускаются к эксплуатации, о чем делается запись в журнале по соответствующей форме.

5.2. ЭКП, не удовлетворяющие требованиям НД, снимаются с эксплуатации и предъявляются к ремонту, о чем производится запись в журнале, форма заголовка которого приведена на рис.3.1.

ЖУРНАЛ
периодической проверки (экспресс-проверки) ЭКП

(наименование учреждения)

(наименование кабинета или отделения)

(фамилия, имя, отчество заведующего кабинетом или отделением)

Рис. 3.1. Форма заголовка журнала периодической проверки ЭКП.

Журнал периодической проверки электрокардиоприборов (далее — журнал) является документом, отражающим

техническое состояние электрокардиоприборов, находящихся в эксплуатации в данном отделении (кабинете).

Журнал хранится в отделении (кабинете), ответственность за его сохранность возлагается на заведующего отделением (кабинетом).

Журнал имеет три раздела.

В разделе 1 перечисляются электрокардиоприборы, числящиеся в отделении (кабинете).

В разделе 2 производится отметка об инструктаже медицинского персонала по правилам проверки ЭКП в соответствии с «Инструкцией по периодической проверке электрокардиографов, электрокардиоскопов и электрокардиоанализаторов» и по технике безопасности при работе с ЭКП и средствами проверки. В разделе 3 делаются отметки о проведении периодической проверки ЭКП не реже 1 раза в день перед началом снятия ЭКГ или же при возникновении сомнений в работоспособности ЭКП.

Не реже 1 раза в месяц заведующие отделением (кабинетом) делают отметку правильности ведения журнала (графа 7 таблицы раздела 3).

Журнал заполняется только чернилами.

Страницы журнала должны быть пронумерованы.

Раздел 1

Перечень ЭКП, числящиеся в отделении (кабинете)

№№ п/п	Наименование ЭКП	Зав номер, год	Год ввода в	Наличие формуляра (паспорта),	Примечание
1	2	3	4	5	6

Раздел 2

Проведение инструктажа медицинского персонала отделения (кабинета) по правилам периодической проверки ЭКП и технике безопасности при проверке

№№п/п	Фамилия, И., О.	Дата провед	Подпис ь	Инструкта ж	Подпись

1	2	3	4	5	6

Раздел 3

Проведение периодической проверки ЭКП

№п/п	Наименование ЭКП	Отметка о проведении проверки	Замечания о работе ЭКП по результатам	Подпись лица, проводившего	Отметка о предъявлении в ремонт	Подпись зав. отделением, кабинет
1	2	3	4	5	6	7
Пример заполнения						
1.	Электрокардиограф КENZ-	провер. 10.06.1997 г.	Замечаний нет	Подп.		
2.	Электрокардиограф ЭК1М-03М2	провер. 10.06.1997 г.	Длительность QRS-комплекса вместо (0,09-0,50)	Подп.	Требуется ремонт. Заявлено зав. отд.	Подп. дата

3. Содержание работы и ее выполнение

3.1. Операции поверки

3.1.1. При проведении поверки должны выполняться следующие операции, указанные в табл. 3.10.

Таблица 3.10.

Наименование операции	Номер пункта методики поверки	Обязательность проведения операций при	
		выпуске из производства и ремонта	эксплуатации и хранения
1. Внешний осмотр	4.1.1.	да	да

2. Опробирование	4.2.2; 4.2.3; 4.2.4; 4.2.5	да	да
3. Определение метрологических характеристик:			
3.1.Определение относительной погрешности измерения напряжения	4.3.2	да	да
3.2. Определение относительной погрешности измерения интервалов времени	4.3.3	да	да
3.3. Определение относительной погрешности установки чувствительности	4.3.4	да	нет
3.4. Определение относительной погрешности задания амплитуды калибровочного импульса	4.3.5	да	да
3.5. Определение выброса на переходной характеристике	4.3.6	да	нет
3.6. Определение постоянной времени	4.3.7	да	нет
3.7. Определение неравномерности АЧХ	4.3.8	да	да
3.8. Определение входного сопротивления	4.3.9.	да	нет
3.9. Определение коэффициента ослабления синфазных сигналов	4.3.10	да	нет
3.10. Определение влияния весовых цепей	4.3.11	да	нет
3.11. Определение дрейфа нулевой линии	4.3.12	да	нет
3.12. Определение ширины нулевой линии	4.3.13	да	да
3.13. Определение погрешности измерения частоты сердечных сокращений	4.3.14	да	нет

Примечание. Пункт 3.13 не поверяется, если электрокардиограф выполнен в варианте исполнения с единичными индикаторами (ТА2.893.079-06, ТА2.893.079-07).

3.2. Средства поверки

3.2.1. При проведении поверки должны быть применены средства измерений, указанные в табл. 3.11.

Таблица 3.11

Номер пункта методики поверки	Наименование средств поверки
4.3.2; 4.3.3; 4.3.4; 4.3.5; 4.3.6; 4.3.7; 4.3.8	Установка для поверки каналов электрокардиографических УП ЭКГ 01 (ТУ 50.540-86)
4.3.9; 4.3.10; 4.3.11; 4.3.12; 4.3.13; 4.3.14	Штангенциркуль ГОСТ 166-80 (предел измерения 0-125 мм)

Примечание. Допускается применять другие вновь разработанные или находящиеся в применении средства поверки, прошедшие метрологическую аттестацию или поверенные

3.3. Условия поверки и подготовка к ней

3.3.1. При проведении поверки должны соблюдаться следующие условия:

- 1) температура окружающего воздуха $(20 \pm 5)^\circ\text{C}$;
- 2) относительная влажность воздуха $(60 \pm 15)\%$;
- 3) атмосферное давление $(101,3 \pm 4)$ кПа;
- 4) напряжение питания сети при частоте 50 Гц $(220 \pm 4,4)$ В;
- 5) включить и прогреть приборы в соответствии с инструкциями по эксплуатации.

4. Проведение поверки

4.1. Внешний осмотр

4.1.1. при внешнем осмотре должно быть установлено соответствие проверяемого прибора следующим требованиям:

- 1) поверяемый прибор должен быть укомплектован всем необходимым для проведения поверки и снабжен паспортом;
- 2) допускается отсутствие в составе комплекта тех элементов, которыми укомплектованы используемые средства поверки;
- 3) поверяемый прибор не должен иметь механических повреждений корпуса, лицевой панели, регулировочных и соединительных элементов;
- 4) на приборе должны быть отчетливые надписи;

5) необходимо наличие ручек и кнопок органов управления, предохранителей.

4.2. Опробирование

4.2.1. Перед работой необходимо запомнить назначение кнопок клавиатуры электрокардиографа и отображение цифробуквенной информации на жидкокристаллическом индикаторе (рис. 3.2 и 3.3).

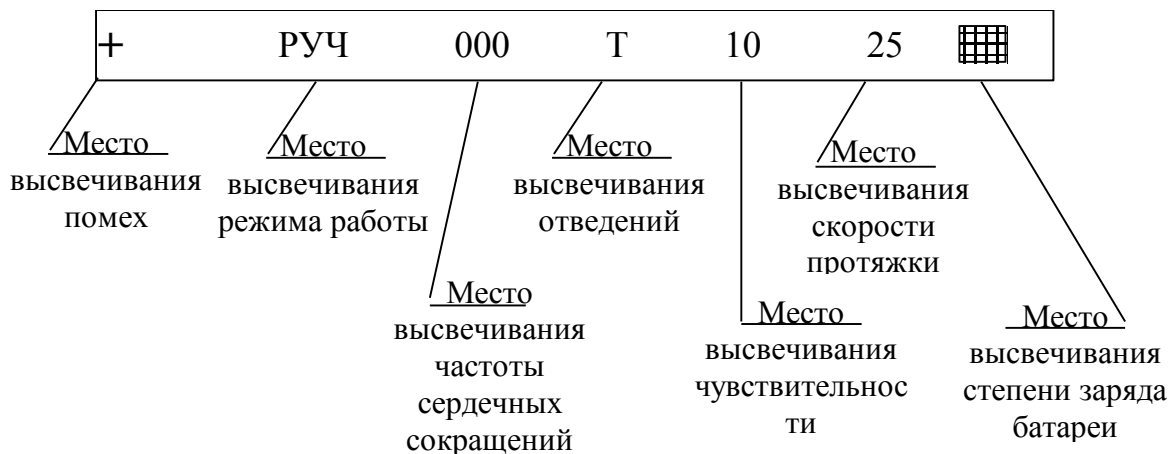


Рис.3.2. Вид жидкокристаллического индикатора электрокардиографа

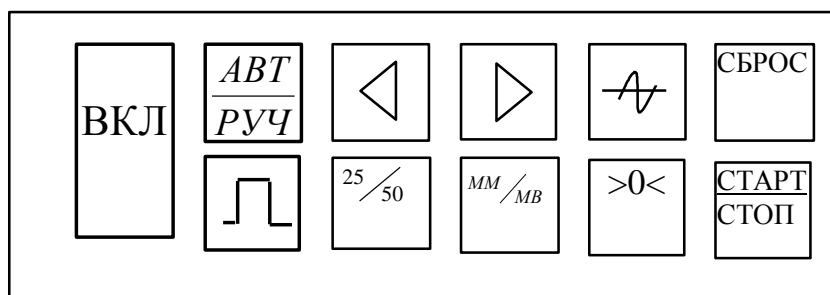



Рис. 3.3. Клавиатура электрокардиографа


1) Кнопка ВКЛ: при ее нажатии осуществляются подача и включение прибора. На индикаторе высвечивается информация (см. рис. 1).

2) Кнопка СБРОС: при ее нажатии прибор устанавливается в исходное состояние. На индикаторе высвечивается информация.


3) Кнопка $\frac{АВТ}{РУЧ}$: после включения питания прибора устанавливается в ручной режим работы. При нажатии кнопки $\frac{АВТ}{РУЧ}$ прибор устанавливается в автоматическом режиме работы. При последующих нажатиях кнопки режимы работы чередуются.

На индикаторе при каждом нажатии кнопки высвечивается режим работы: «РУЧ» → «АВТ» → «РУЧ» →

4) Кнопка : при ее нажатии осуществляется калибровка прибора, т.е. перо отклоняется на 10 мм при соответствующей установленной чувствительности. Включение калибровки на индикаторе не отражается.

5) Кнопка : при каждом ее нажатии последовательно переключаются отведения электрокардиографа.

На индикаторе высвечивается следующая цифробуквенная информация: «Т» → «I» → «II» → «III» → «aVR» → «aVF» → «V1» → «V2» → «V3» → «V4» → «V5» → «V6» → «Т» → ...


6) Кнопка : при каждом ее нажатии последовательно переключаются отведения электрокардиографа в обратном порядке, что отображается на индикаторе.

7) Кнопка 25/50: при каждом ее нажатии последовательно переключаются скорости протяжки регистратора «25» → «50» → «25» ... мм/с.

На индикаторе высвечивается цифровое значение устанавливаемой скорости.

8) Кнопка ММ/МВ: при каждом ее нажатии последовательно переключаются чувствительности электрокардиографа «5» → «10» → «20» «5»... мм/мВ.

На индикаторе высвечивается цифровое значение устанавливаемой чувствительности.

9) Кнопка : при ее нажатии включается фильтр на 35 Гц. При повторном ее нажатии фильтр выключается.

На индикаторе при включении фильтра высвечивается символ «F», а при выключении символ исчезает.

10) Кнопка >0<: при ее нажатии осуществляется успокоение электрокардиографического усилителя. Включение успокоения на индикаторе не отображается.

11) Кнопка $\frac{СТАРТ}{СТОП}$: при ее нажатии включается протяжка и запись ЭКГ, а при повторном нажатии регистратор выключается.

Включение и выключение регистратора на индикаторе не отображается.

4.2.2. Замкните между собой штыри кабеля отведений.

4.2.3. Заправьте кассету электрокардиографа рулоном бумаги.

4.2.4. Нажмите кнопку ВКЛ, а затем после появления на индикаторе информации нажмите кнопку СБРОС.

О включенном состоянии прибора сигнализирует жидкокристаллический индикатор.

Исходному состоянию прибора соответствуют следующие показания индикатора (см. рис. 1):

отсутствие сетевых помех – «+» (наличие помех «-»);

режим работы – «РУЧ»;

частота пульса – «000»;

отведение – «Г»;

чувствительность – «10»;


включение фильтра – «F»;

скорость протяжки бумаги – «25».

Степень заряда батарей  (100%)  (50%), или (25%) (зависит от значения напряжения батареи в данный момент).

Нажмите кнопку >0< (успокоение).

Нажмите кнопку $\frac{СТАРТ}{СТОП}$ и после перемещения диаграммой бумаги установите нулевую линию на середину бумаги с помощью регулятора смещения пера.

Нажмите кнопку калибровки  и запишите на диаграммной ленте калибровочный милливольт.

Остановите протяжку бумаги повторным нажатием кнопки $\frac{СТАРТ}{СТОП}$.

Через 40 с зафиксируйте автоматическое выключение питания прибора по индикатору (на индикаторе полностью гаснет цифробуквенная информация).

4.2.5. Включите прибор согласно пп. 4.2.2 и 4.2.4 и выполните следующие операции:

1) установите прибор в положение «АВТ» и нажмите кнопки $\frac{АВТ}{РУЧ}$;

2) установите чувствительность «10» нажатием кнопки ММ/МВ;

3) установите скорость протяжки «25» нажатием кнопки ММ/С;

4) включите протяжку нажатием кнопки $\frac{\text{СТАРТ}}{\text{СТОП}}$;

5) проследите по индикатору за переключением отведений, которые должны высвечиваться в следующей последовательности: «Т» → «I» → «II» → «III» → «aVR» → «aVL» → «aVF» → «V1» → «V2» → «V3» → «V4» → «V5» → «V6» → «Т» → ...

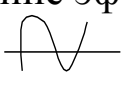
Перед каждым включением последующего отведения должен записываться калибровочный импульс.

После переключения всех перечисленных отведений через 40 с прибор автоматически выключается.

4.3. Определение метрологических параметров.

4.3.1. При определении метрологических характеристик все измерения повторите не менее трех раз, при этом результат каждого измерения должен находиться в установленных пределах. При проверке метрологических характеристик электрокардиографа ЭК1ТЦ-01 измерения производятся на носителе записи без учета ширины линии записи.

Органы управления электрокардиографа, если они не оговорены особо, при определении параметров должны быть установлены в следующие положения:

- 1) режим работы – ручной;
- 2) чувствительность – 10 мм/мВ;
- 3) скорость движения носителя записи – 25 мм/с;
- 4) переключатель отведений – в одном из положений – V1÷V6;
- 5) нулевая линия – в середине эффективной ширины записи;
- 6) антитреморный фильтр  выключен.

4.3.2. Относительную погрешность измерения напряжения определите подачей на вход электрокардиографа постоянного напряжения $\pm 400 \text{ мВ} \pm 10\%$ и подачей на соответствующий вход электрокардиографа меандра с частотой 10 Гц $\pm 2\%$, размахом в соответствии с табл. 3.11.

Таблица 3.11

Размах входного сигнала, устанавливаемый на УП ЭКГ 01, мВ	Устанавливаемая чувствительность на приборе, мм/мВ
0,4; 2; 4	5
0,2; 1; 2	10
0,1; 0,5; 1	20

Входы электрокардиографа (кабели отведений) соедините с эквивалентом преобразователя ЭКГ установки УП ЭКГ, при этом положение переключателя отведений на приборе должно быть в соответствии с табл. 3.12.

Таблица 3.12

Отведения, в которых проводят измерения	Вход ЭК, соединенный с	
	<i>P1Z</i> на УП ЭКГ 01	<i>P2Z</i> на УП ЭКГ 01
V1	C1	Все другие
V2	C2	То же
V3	C3	»
V4	C4	»
V5	C5	»
V6	C6	»

При этом на установке УП ЭКГ 01 переключатель « $\delta \dots I_n$ » должен стоять в положении « δ ». Напряжения соответствующей частоты и амплитуды подайте на электрокардиограф согласно инструкции по эксплуатации на УП ЭКГ 01 (ПИ1.140.001 ТО). Относительная погрешность измерения напряжения, в процентах. Вычисляется по формуле

$$\delta_u = \frac{U_p - U_{вх}}{U_{вх}} \cdot 100, \quad (3.3)$$

где $U_p = \frac{h_u}{S_n}$ - размах регистрируемого напряжения, мВ;

$U_{вх}$ - размах напряжения, подаваемого на вход электрокардиографа с установки УП ЭКГ 01, мВ;

h_u - линейный размер размаха регистрируемого сигнала, измеренный с помощью штангенциркуля, мм;

S_H – номинальное значение установленной чувствительности на электрокардиографе, мм/мВ.

Относительная погрешность измерения напряжения должна быть в диапазоне:

от 0,1 до 0,5 мВ – в пределах $\pm 20\%$;

от 0,5 до 4 мВ – в пределах $\pm 10\%$.

Примечание. При проверке параметров по пп. 4.3.2; 4.3.9; 4.3.10 в случае невозможности подачи с поверочной аппаратуры на электрокардиограф постоянного напряжения (400 ± 40) мВ допускается проверку этих параметров проводить при подаче постоянного напряжения (300 ± 30) мВ, что соответствует требованиям ГОСТ 19687-84.

4.3.3. Относительную погрешность измерения интервалов времени определите подачей на вход электрокардиографа сигнала прямоугольной формы с размахом $0,5 \text{ мВ} \pm 3\%$. Частоту генератора и скорость движения носителя записи установите в соответствии со значениями, приведенными в табл.5, для которых проводят измерения.

Таблица 3.13

Задаваемое число полупериодов «n»	1; 5; 10	1; 5; 10
Частота генератора, устанавливаемая на УП ЭКГ 01. относительная погрешность установки $\pm 1,5\%$	5 Гц	10 Гц
Устанавливаемая скорость движения носителя записи на приборе, V_H , мм/с	25	50

Штангенциркулем измерьте линейные размеры 1, 5, 10 полупериодов записанного сигнала.

Относительная погрешность измерения интервалов времени в процентах вычисляется по формуле

$$\delta_T = \frac{T_u - T_{ex}}{T_{ex}} \cdot 100, \quad (3.4)$$

где $T_u = \frac{L_u}{V_H}$ - измеренный интервал времени, с;

L_u – линейный размер участка записи, на котором укладывается «n» полупериодов сигнала ($n=1, 5, 10$), измеренный штангенциркулем;

V_n – номинальное значение установленной скорости движения носителя записи на приборе, равное 25 и 50 мм/с;

$$T_{ex} = \frac{n}{2f} - \text{интервал времени (заданный) и соответствующий}$$

«n» полупериодам входного сигнала, с.

Относительная погрешность измерения интервалов времени должна быть в пределах $\pm 10\%$.

Входы электрокардиографа соедините с установкой согласно табл. 4, причем измерение производите по одному из отведений. Переключатель « $\delta \dots I_n$ » на установке УП ЭКГ 01 должен быть в положении « δ ».

Напряжения соответствующей частоты и амплитуды подайте на электрокардиограф согласно инструкции по эксплуатации на УП ЭКГ 01 (ПИ1.140.001 ТО).

4.3.4. Относительную погрешность установки чувствительности определите подачей вход электрокардиографа гармонического сигнала частотой $10 \text{ Гц} \pm 2\%$ и размахом 1, 2, 4 мВ $\pm 1,5\%$ при чувствительностях 20, 10, 5 мм/мВ соответственно. Запишите пять периодов входного сигнала.

Входы электрокардиографа (кабеля отведений) соедините с эквивалентом преобразователя ЭКГ установки УП ЭКГ согласно п. 4.3.2. и табл. 4. При этом на установке УП ЭКГ 01 переключатель « $\delta \dots I_n$ » должен стоять в положении « δ ».

Напряжения соответствующей частоты и амплитуды подайте на электрокардиограф согласно инструкции по эксплуатации на УП ЭКГ 01 (ПИ1.140.001 ТО).

Относительная погрешность установки чувствительности « δ_s », в процентах, вычисляется по формуле

$$\delta_s = \frac{S_n - S_u}{S_u} \cdot 100, \quad (3.5).$$

где $S_u = \frac{h_u}{U_{ex}}$ – измеренное значение чувствительности.

Мм/мВ;

h_u – линейный размер размаха регистрируемого сигнала, измеренного с помощью штангенциркуля, мм;

$U_{\text{вх}}$ – размах входного напряжения, подаваемого с установки УП ЭКГ 01, мВ;

$S_{\text{н}}$ – номинальное значение установленной чувствительности на приборе, мм/мВ.

Относительная погрешность установки чувствительности должна быть в пределах $\pm 5\%$.

4.3.5. Относительную погрешность задания амплитуды калибровочного импульса определите, произведя запись на электрокардиографе внешнего сигнала-меандра частотой $10 \text{ Гц} \pm 2\%$ и размахом 1 мВ с установки УП ЭКГ 01 и внутреннего калибровочного сигнала при среднем положении нулевой линии.

Входы электрокардиографа соедините с УП ЭКГ 01 согласно п.4.3.2 и табл. 4. Переключатель « $\delta \dots I_{\text{п}}$ » на установке УП ЭКГ 01 должен быть в положении « δ ».

Напряжения соответствующей частоты и амплитуды подайте на электрокардиограф согласно инструкции по эксплуатации на УП ЭКГ 01 (ПИ1.140.001 ТО).

Отличие линейного размаха регистрируемого сигнала внутреннего калибратора от линейного размаха регистрируемого внешнего сигнала, в процентах, вычисляется по формуле

$$\delta_{\kappa} = \left| \frac{h_{\kappa} - h_{\text{в}}}{h_{\text{в}}} \right| \cdot 100, \quad (3.6)$$

где $h_{\text{в}}$ – линейный размер на записи размаха внешнего испытательного импульса, измеренного штангенциркулем, мм;

h_{κ} – линейный размер на записи размаха внутреннего калибровочного сигнала, измеренного штангенциркулем, мм.

Величина погрешности задания амплитуды калибровочного импульса должна быть в пределах $\pm 5\%$.

4.3.6. Выброс на переходной характеристике определите подачей на вход электрокардиографа меандра частотой $10 \text{ Гц} \pm 2\%$, размахом 1 мВ . Запишите не менее трех периодов сигнала при скорости 50 мм/с и измерьте максимальный и минимальный размах записанного сигнала для каждого из них (рис. 3.4).

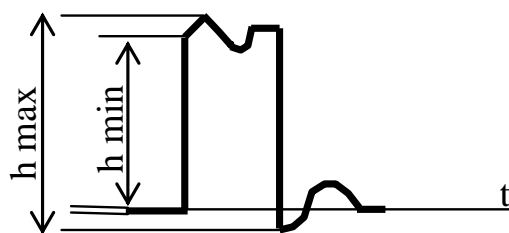


Рис.3.4. Реакция электрокардиографа на входной сигнал в виде меандра

Входы электрокардиографа соедините с УП ЭКГ 01 согласно п. 4.3.2 и табл. 4. Переключатель « $\delta \dots I_n$ » на установке УП ЭКГ 01 должен быть в положении « δ ».

Напряжения соответствующей частоты и амплитуды подайте на электрокардиограф согласно инструкции по эксплуатации на УП ЭКГ 01 (ПИ1.140.001 ТО).

Выброс на переходной характеристике вычисляется по формуле

$$S_B = \frac{h_{\max} - h_{\min}}{2h_{\min}} \cdot 100, \quad (3.7)$$

где h_{\max} , h_{\min} – измеренные штангенциркулем значения линейных размеров записанного сигнала с выбросом и без него, соответственно, мм.

Величина выброса должна быть в пределах $\pm 10\%$.

4.3.7. Постоянную времени определите подачей на вход электрокардиографа прямоугольного сигнала длительностью не менее 5 с, размахом 4 мВ. Запись проведите при чувствительности 5 мм/мВ. Постоянную времени « t » с определяют как время затухания сигнала до уровня 0,37 от своего первоначального значения без учета выбросов (рис. 4).

Входы электрокардиографа соедините с УП ЭКГ 01 согласно п. 4.3.2. и табл. 3.5. Переключатель « $\delta \dots I_n$ » на установке УП ЭКГ 01 должен быть в положении « δ ».

Напряжения соответствующей частоты и амплитуды подайте на электрокардиограф согласно инструкции по эксплуатации на УП ЭКГ 01 (ПИ1.140.001 ТО). Постоянная времени должна быть не менее 3.2 с.

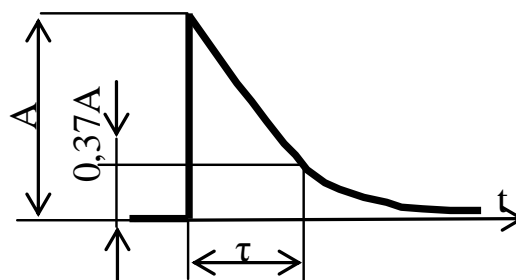


Рис. 3.5. Определение постоянной времени электрокардиографа

4.3.8. Неравномерность АЧХ определите подачей на вход электрокардиографа сигнала синусоидой формы размахом $1 \text{ мВ} \pm 1,5\%$ поочередно с частотой 0,5; 5; 10; 20; 30; 40; 50; 60; 70; 75 Гц, со скоростью 25мм/с для частот ниже 10 Гц и со скоростью 50 мм/с для частот выше 10 Гц. Измерьте линейные размеры размаха сигнала, записанного на носителе записи.

Входы электрокардиографа соедините с УП ЭКГ 01 согласно п. 4.3.2. и табл. 4, причем измерения производите по одному любому выбранному отведению. Переключатель « $\delta \dots I_n$ » на установке УП ЭКГ 01 должен быть в положении « δ ».

Неравномерность АЧХ определяется относительно 10 Гц. Неравномерность АЧХ, в процентах. Определяется по формуле

$$\alpha = \frac{A_f - A_{10}}{A_{10}} \cdot 100, \quad (3.8)$$

где A_f – размах сигнала на записи на частоте f , измеренный штангенциркулем, мм;

A_{10} – размах сигнала на записи на частоте 10 Гц, измеренный штангенциркулем, мм.

В диапазоне частот от 0,5 до 60 Гц линейный размер размаха записанного сигнала должен составлять от 90 до 105 % от линейного размера размаха сигнала, записанного на частоте 10 Гц.

В диапазоне частот от 60 до 75 Гц линейный размер записанного сигнала должен составлять от 70 до 105 % от линейного размера размаха сигнала, записанного на частоте 10 Гц.

4.3.9. Входное сопротивление определите подачей на вход электрокардиографа сигнала синусоидой формы размахом $2 \text{ мВ} \pm 1,5\%$ и частотой 10 Гц.

Входы электрокардиографа соедините с УП ЭКГ 01 согласно табл. 6. Переключатель « $\delta \dots I_n$ » на установке УП ЭКГ 01 должен быть в положении « $Z_{\text{вх}}$ ».

Напряжения соответствующей частоты и амплитуды подайте на электрокардиограф согласно инструкции по эксплуатации на УП ЭКГ 01 (ПИ1.140.001 ТО).

Таблица 3.14

Отведения, в которых проводят измерения	Вход ЭК, соединенный с	
	<i>P1Z</i> на УП ЭКГ 01	<i>P2Z</i> на УП ЭКГ 01
V1	C1	Все другие
V2	C2	
V3	C3	
V4	C4	
V5	C5	
V6	C6	

Переключатель «*R_{доб}*» поставьте в положение «1» (ВКЛ) и запишите входной сигнал на участке носителя записи длиной 25 мм. Измерьте линейные размеры размаха записанного сигнала (*H₁*). Затем переключатель «*R_{доб}*» поставьте в положение «2» (ВЫКЛ) и снова измерьте линейные размеры размаха записанного сигнала (*H₂*). Измерения проводите при наличии постоянного напряжения, равного ± 400 мВ, для чего переключатель «*U_{смещ}*» ставьте поочередно в положение «+ 400» и «- 400».

Входное сопротивление, в кОм. Вычисляется по формуле

$$Z_{вх} = Z_2 \cdot \left| \frac{H_2}{H_1 - H_2} \right|, \quad (3.9)$$

где *H₁* – линейный размер размаха сигнала без последовательно включенного сопротивления *Z₂*, измеренного штангенциркулем, мм;

H₂ – линейный размер размаха записанного сигнала при последовательно включенном сопротивлении *Z₂*, измеренного штангенциркулем, мм;

Z₂ – значение последовательно включенного сопротивления, равного 527 кОм, на частоте 10 Гц.

Входное сопротивление должно быть не менее 5 МОм.

4.3.10. Коэффициент ослабления синфазных сигналов определите подачей на вход электрокардиографа синусоидального сигнала частотой 50 Гц и размахом 20 В_{эфф} ± 3%. Входы электрокардиографа соедините с УП ЭКГ 01 согласно табл. 6.

Переключатель « $\delta \dots I_n$ » на установке УП ЭКГ 01 должен быть в положении «К_{сс}». Напряжения соответствующей частоты и амплитуды на электрокардиограф подайте согласно инструкции по эксплуатации на УП ЭКГ 01 (ПИ1. 140.001 ТО). Проверку проводите при одновременной подаче на вход напряжения +400 мВ.

Коэффициент ослабления синфазных сигналов вычисляется по формуле

$$K = \frac{U_c}{h_u} \cdot S_H \cdot 10^3, \quad (3.10)$$

где U_c – размах напряжения в точке «В», равный 10 В;

h_u – линейный размер размаха регистрируемого сигнала, измеренный штангенциркулем, мм;

S_H – номинальное значение установленной чувствительности на приборе, мм/мВ.

Коэффициент ослабления синфазных сигналов должен быть не менее 31600.

4.3.11. Влияние весовых цепей определите подачей на вход электрокардиографа синусоидального сигнала частотой 10 Гц \pm 2% и размахом, указанным в табл. 7.

Входы R, L, F, C1, C2, C3 электрокардиографа соедините с P1 и P2 установки УП ЭКГ 01 согласно табл. 7. Все остальные входы соедините с нейтральным (N). Переключатель « $\delta \dots I_n$ » на установке УП ЭКГ 01 должен быть в положении «ВЦ». Подача напряжений соответствующей частоты и амплитуды на электрокардиограф осуществляется согласно инструкции по эксплуатации на УП ЭКГ 01 (ПИ1. 140.001 ТО).

Таблица 3.15

Положение переключателей отведений	Условное наименование отведений	Размах входного сигнала, мВ	Отводящий электрод соединен с		Размах регистрируемого сигнала, мм	Разность размахов сигналов нормального и модифицированного отведений, мм
			P1	P2		
α VR	Нормальное Модифицированное	2 4	R L	L; F R; F	18÷22	±1
α VL	Нормальное Модифицированное	2 4	L F	F; R R; L		
α VF	Нормальное Модифицированное	2 4	F R	L; R L; F		
V1	Нормальное Модифицированное	2 6	C1 L	L; R; F C1; R; F		
V2	Нормальное Модифицированное	2 6	C2 R	L; R; F C2; L; F		
V3	Нормальное Модифицированное	2 6	C3 F	L; R; F C3; L; R		

Произведите запись и измерьте размах входного сигнала на носителе записи. Повторите процедуру для всех положений переключателя отведений. Допустимый размах записанных сигналов, допустимая разность между размахами сигналов для

нормального и модифицированного отведений должны соответствовать нормам, указанным в табл. 3.15.

4.3.12. Дрейф нулевой линии определите записью в течение 40 с при чувствительности 20 мм/мВ. Все входы электрокардиографа должны быть подсоединены к клеммам P₂ установки УП ЭКГ 01. Переключатель «δ...I_n» на установке УП ЭКГ 01 должен быть в положении «И_д».

Дрейф нулевой линии в течение 40 с не должен превышать 8 мм

4.3.13. Ширину нулевой линии записи определите записью нулевой линии в течение 10 с. Все входы электрокардиографа должны быть подсоединены к клеммам P₂ установки УП ЭКГ 01. Переключатель «δ...I_n» на установке УП ЭКГ 01 должен быть в положении «И_д».

Ширина нулевой записи не должна превышать 1 мм.

4.3.14. Погрешность измерения частоты сердечных сокращений определите подачей на вход электрокардиографа сигнала прямоугольной формы частотой: 0,33; 1, 2, 3, 4 Гц с погрешностью ± 2%, длительностью 0,05 с ± 10%, размахом 1 мВ ± 3%. После каждой установки частоты на индикаторе должна высвечиваться, соответственно, частота сердечных сокращений 20, 60, 120, 180, 240 уд/мин.

Входы электрокардиографа соедините с УП тЭКГ 01 согласно табл. 4 и п. 4.3.2. Переключатель «δ...I_n» на установке УП ЭКГ 01 должен быть в положении «δ». Напряжения соответствующей частоты и амплитуды на электрокардиограф подаются согласно инструкции по эксплуатации на УП ЭКГ 01 (ПИ1. 140.001 ТО).

Электрокардиограф должен обеспечивать измерение частоты сердечных сокращений на индикаторе в диапазоне 20 ÷ 240 уд/мин с погрешностью, вычисляемой по формуле

$$\delta = \frac{F^2}{3000} + 1 \left[- \frac{уд}{мин} \right], \quad (3.11)$$

где F – количество ударов в минуту.

5. Контрольные вопросы и задачи

5.1. Какие технические средства необходимо использовать для проверки электрокардиоскопов.

5.2. По каким амплитудно временным параметрам осуществляется проверка точностных характеристик электрокардиоскопов.

5.3. По каким формулам определяются погрешности амплитудно – временных параметров

Лабораторная работа №4

Проверка работоспособности аппарата низкочастотной терапии типа «Амплипульс»

1. **Цель работы:** Приобретение навыков в проверке параметров характеризующих работоспособность приборов для низкочастотной электротерапии.
2. **Информационные материалы к занятию**

Порядок выполнения работ связанных с эксплуатацией и техническим обслуживанием терапевтической аппаратуры, так же как и диагностической определяется соответствующей технической документацией на изделия. Однако, в отличие от диагностической техники этот класс аппаратуры считается более опасным для здоровья человека поскольку вредные воздействия на организм здесь могут быть получены не только при поломке, но и при нарушении режимов функционирования как за счет человеческого фактора, так и за счет технических причин. Этот факт необходимо учитывать как при составлении эксплуатационной документации, так и при проведении процедур проверки работоспособности и поверочных испытаний.

В силу многообразия средств для терапии остановимся на некоторых конкретных примерах организации технического обслуживания электротерапевтической аппаратуры.

Достаточно широкое распространение в терапии получили аппараты серии «Амплипульс» имеющие достаточно хорошо подготовленную документацию включающую разделы эксплуатационного обслуживания.

В качестве первого примера рассмотрим организацию проверки аппарата типа «Амплипульс-4» (рис. 4.1.)

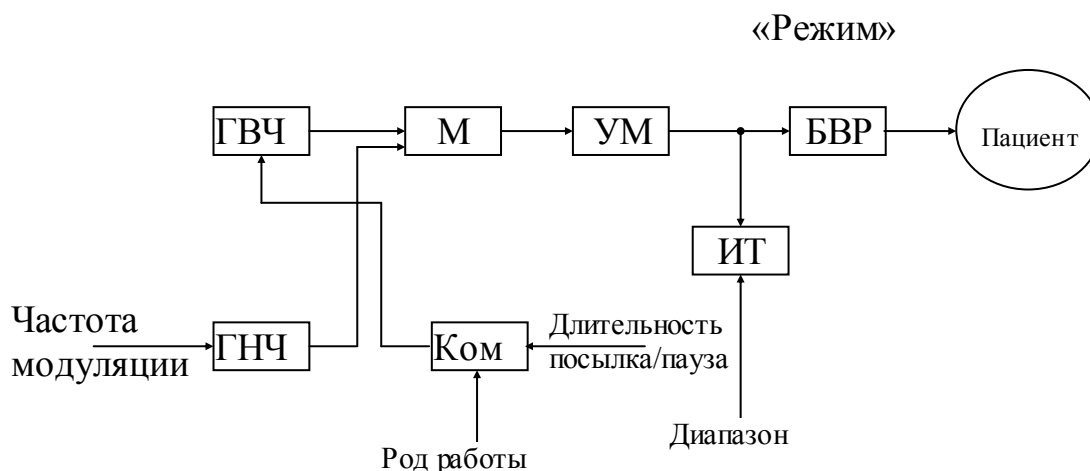


Рис. 4.1 Структурная схема прибора «Амплипульс - 4»

3. Содержание работы и ее выполнение

При проверке аппарата Амплипульс - 4 используются органы управления расположенных на передней панели (рис. 4.2.).

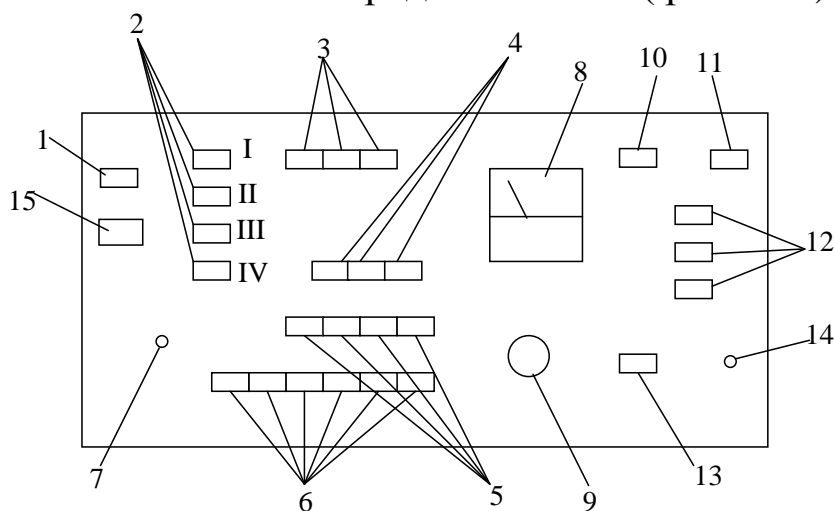


Рис.4.2. Расположение органов управления аппарата «Амплипульс»

1- Включатель «СЕТЬ»; 2— переключатель „РОД РАБОТЫ“; 3 — переключатель „РЕЖИМ“; 4 - переключатель „ДЛИТЕЛЬНОСТЬ s“; 5 - переключатель „ЧАСТОТА Hz“; 6 — переключатель „МОДУЛЯЦИЯ %“; 7 - потенциометр калибровки коэффициента модуляции „КАЛИБРОВКА“; 8 — миллиамперметр; 9 — ручка регулировки „ТОК“; 10, 11 — индикаторы включения диапазона измерения тока; 12 — переключатель „ДИАПАЗОН— КОНТРОЛЬ—ЭЛЕКТРОДЫ“; 13 — лампа индикатора включения

электродов; 14 — выходное гнездо; 15 — предохранители.

При проведении поверки должны выполняться операции и применяться средства поверки, указанные в табл. 4.2.

Таблица 4.1.

**Перечень операций и средств поверки аппарата типа
«Амплипульс-4»**

Наименование операций поверки	Номер пунктов раздела	Средства поверки и их нормативно-технические характеристики	Обязательность проведения операций поверки	
			при выпуске из производства и ремонте	при эксплуатации и хранении
1	2	3	4	5
Внешний осмотр	1	-	Да	Да
Проверка возможности установки нуля	2	-	Да	Да
Проверка плавности регулировки выходного тока	2	-	Да	Да
Проверка работоспособности аппарата	2	Осциллограф С1-69	Да	Да
Определение значения максимального выходного тока	3а, 3б	Термомиллиамперметр: 0-100 мА, кл. 1,5	Да	Да
Определение погрешности установки выходного тока	3а, 3б		Да	Да

Определение отклонения несущей частоты от номинального значения	Зв	Частотомер ЧЗ-54: 10 Гц-500 кГц, погрешность $\pm 1,5$ %. Измеритель нелинейных искажений С6-7	Да	Да
Определение погрешностей установки модулирующих частот	Зг	Частотомер ЧЗ-54: 10 Гц – 500 кГц, погрешность $\pm 1,5$ %	Да	нет
Определение погрешности установки коэффициентов модуляции	Зд	Генератор ГЗ-36: 20-0.5 МГц. Осциллограф С1-69. вольтметр	Да	Нет
Определение длительности пауз при установлении режима перемодуляции	Зе	Осциллограф С1-69. Конденсатор 1 мкФ	Да	Нет
Проверка электробезопасности	Зж	Мегомметр М503М: 5000; 0-1000 кОм; 10,05 – 100 Мом; погрешность 1% рабочей длины шкалы	Да	Нет

Документацией (паспортом на изделие) оговариваются следующие условия поверки:

- при проведении поверки должны соблюдаться следующие условия: температура окружающего воздуха (20 ± 5) °С; атмосферное давление (100 ± 4) кПа; относительная влажность воздуха (65 ± 15) %; напряжение питания не должно отличаться от номинального более чем на ± 10 %;

- для проведения поверки собирается схема согласно рис 2.;
- поверяемый аппарат и измерительные средства должны быть приведены в рабочее состояние;

- поверяемый аппарат должен быть нагружен на сопротивление, значение которого может отличаться от указанного в паспорте не более чем на $\pm 10\%$. Аппарат нагружается на сопротивление, соответствующее режиму максимального тока;

- работа с поверяемыми аппаратами, образцовыми и вспомогательными средствами поверки должна проводиться в соответствии с инструкциями по их эксплуатации.

Собственно поверка производится по следующим пунктам:

1. Внешний осмотр. При проведении внешнего осмотра должно быть установлено соответствие поверяемого аппарата следующим требованиям: комплектность аппарата должна соответствовать по паспорту; аппарат должен иметь соответствующую маркировку; аппарат и встроенный измеритель тока не должны иметь механических повреждений и неисправностей регулировочных и соединительных элементов.

2. Опробование. Проверка возможности установки стрелки встроенного измерителя на нуль осуществляется при выведенной в крайнее левое положение ручке регулировочного потенциометра, путем визуального наблюдения и соответствующей коррекции регулятора нуля измерителя при включенном аппарате. При включении аппарата стрелка должна оставаться на нуле.

Проверка плавности регулировки выходного тока должна проводиться в невыпрямленном режиме работы аппарата, нагруженного на сопротивление, соответствующее режиму максимального выходного тока, при коэффициенте модуляции 0. При плавном вращении ручки регулировочного потенциометра поверяемого аппарата стрелка образцового измерителя должна перемещаться от нуля до максимального значения плавно, без скачков.

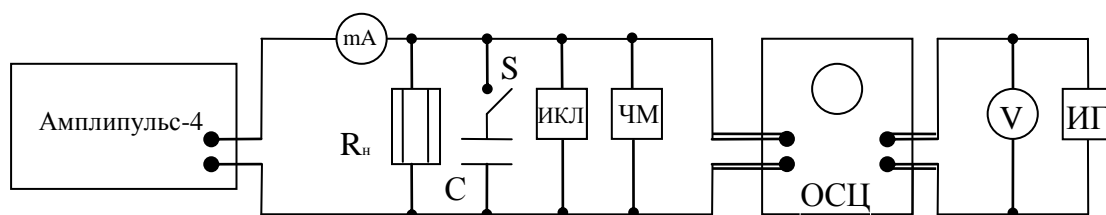


Рис 4.3. Схема поверки выходных параметров аппарата «Амплипульс-4».

ИНЛ – измеритель нелинейных искажений; ЧМ – частотомер; ОСЦ – осциллограф; ИГ – измерительный генератор.

Проверка работоспособности аппарата заключается в проверке возможности работы аппарата при всех положениях переключателя „РОД РАБОТЫ" с одновременной проверкой плавности регулировки (в случае плавной регулировки) коэффициента модуляций от 0 до 100% и возможности работы аппарата в режиме перемодуляции.

При проверке, работоспособности аппарат нагружается на сопротивление, соответствующее режиму максимального выходного тока, и устанавливается ток, равный половине номинального значения максимального тока. Аппарат должен обеспечить плавную регулировку коэффициента модуляции при плавном вращении ручки регулировочного потенциометра, а также возможность установления режима перемодуляция. Формы выходных сигналов при различных положениях переключателя „РОД РАБОТЫ" аппарата наблюдаются на экране осциллографа и должны соответствовать описаниям и эпюрам, приведенным в паспорте на данный аппарат.

3. Определение метрологических параметров:

а) определение значения максимального выходного тока производится по схеме (рис. 4.2) и методике п. 3б. Значение максимального выходного тока не должно превышать указанного в паспорте на данный аппарат;

б) проверка значения тока в цепи проводится по схеме, приведенной на рис.4.2, в невыпрямленном режиме при непрерывном сигнале и коэффициенте модуляции 0 для всех оцифрованных точек шкал 20 мА и 80 мА.

Затем устанавливается коэффициент модуляции по методике, приведенной в п. 3д.

При введении модуляции среднеквадратичное значение тока определяется по формуле (2.5) :

$$I = I_m \sqrt{1 + \frac{m^2}{2}} , \quad (4.1)$$

Где I_m – показания миллиамперметра (мА); m – коэффициент модуляции 0,5; 0,75 или 1,0.

Проверьте значение тока в цепи в оцифрованных точках шкал 20 мА и 80 мА и сравните их с вычисленными по формуле (4.1)

значениями тока. Аналогичные измерения произведите при коэффициенте модуляции 75 и 100 %.

Приведенная погрешность определяется по формуле

$$\delta = \frac{I - I_T}{I_K} \cdot 100\%, \quad (4.2)$$

где δ — приведенная погрешность, %;

I — вычисленное по формуле (4.1) значение тока, мА;

I_T — показания термомиллиамперметра, мА;

I_K — вычисленное по формуле (1) значение тока для последней оцифрованной точки шкалы, мА.

Значения δ , вычисленные по формуле (4.2), не должны превышать указанных в паспорте на данный аппарат;

в) определение отклонения несущей частоты от номинального значения производится по схеме, приведенной на рис. 4.2 при значении выходного тока, равном половине номинального значения максимального тока в невыпрямленном режиме, и коэффициенте модуляции, равном 0.

Отклонения несущей частоты от номинального значения не должно превышать указанного в паспорте на данный аппарат;

г) определение погрешности установки модулирующих частот производится по схеме, приведенной на рис. 4.2, в выпрямленном режиме при значении выходного тока, равном половине номинального значения максимального тока, и коэффициенте модуляции, равном 100%. Погрешности установки модулирующих частот, измеренные частотомером, не должны превышать указанных в паспорте на данный аппарат. Измерение проводят для всех значений модулирующих частот;

д) определение погрешности установки коэффициента модуляции производится по схеме, приведенной на рис.4.2. На первый вход осциллографа подается модулированное напряжение при установленном значении коэффициента модуляции 100 % и положении переключателя „РОД РАБОТЫ“, соответствующем получению на входе аппарата непрерывных модулированных колебаний с минимальным значением модулирующей частоты. На второй вход подается напряжение от генератора с частотой, равной несущей частоте поверяемого аппарата. Переключением входов осциллографа, используя послесвечение экрана осциллографа, добиваются совмещения максимального значения модулированного сигнала поверяемого аппарата и сигнала

генератора. Напряжение синусоидальных колебаний генератора измеряется вольтметром.

Аналогичным способом, не меняя усиления осциллографа, измеряется напряжение, соответствующее минимальному значению модулированного сигнала.

Коэффициент модуляции определяется по формуле

$$M = \frac{a - c}{a + c} \cdot 100\%, \quad (4.3)$$

где M — коэффициент модуляции, %;

a — максимальное значение сигнала, В;

c — минимального значение сигнала, В.

По приведенной выше методике вычисляются коэффициенты модуляции для установленных значений 50; 75; 100 % для трех значений модулирующих частот: минимального, одного из средних и максимального.

Погрешность установки коэффициентов модуляции не должна превышать указанной в паспорте на данный аппарат;

е) определение длительности пауз при установлении режима перемодуляции (коэффициент модуляции $>100\%$) производится для одного из значений частоты в середине диапазона модулирующих частот. Для этого при помощи осциллографа измеряются величины периода модулирующей частоты и длительности пауз. Длительность паузы в процентах от периода модулирующей частоты вычисляется по формуле

$$T = \frac{t_n}{t} \cdot 100\%, \quad (4.4)$$

где t_n — длительность паузы, мм;

t — длительность периода модулирующей частоты, мм.

Значения длительности пауз должно находиться в пределах, указанных в паспорте;

ж) проверка электробезопасности аппарата заключается в определении значения сопротивления изоляции между цепью сетевого питания и выходной цепью аппарата. Для этого аппарат отключается от сети питания и измеряется сопротивление между закороченными штырями вилки сетевого шнура и закороченными выходными клеммами аппарата.

Сопротивление изоляции должно быть не менее 20 МОм.

Аппараты, не удовлетворяющие какому-либо пункту поверки,

признаются непригодными к эксплуатации, а имеющиеся на них клейма гасятся, и выдается извещение о непригодности.

На аппараты, удовлетворяющие всем пунктам поверки, ставятся клейма, и выдается свидетельство о поверке.

4. Контрольные вопросы и задачи

4.1. Нарисуйте структуру и временные диаграмм аппарата типа «Амплипульс-4». Поясните принцип его работы.

4.2. Нарисуйте схему поверки выходных параметров аппарата типа «Амплипульс-4» и перечислите ее пункты.

4.3. Приведите формулы используемые при определение метрологических параметров аппарата типа «Амплипульс-4» и расскажите о порядке проведения процедуры определения метрологических параметров этого аппарата.

Лабораторная работа № 5

Проверка работоспособности спектрофотометра

1. Цель работы приобретение навыков в проверке параметров характеризующих работоспособность спектрометра типа СФ-26.

2. Информационные материалы к занятию

Отличительной чертой приборов фотометрического типа является наличие оптико-электрического измерительного преобразователя (ОЭИП) вносящего значительную долю погрешности в процедуру измерения оптических свойств биобъектов.

Рассматривая ОЭИП как узел электрической цепи преобразования сигналов, можно описать его свойства традиционными параметрами и характеристиками (статическими и динамическими) четырехполюсника (рис. 5.1).

Тогда входной и выходной характеристиками такой цепи будут вольт-амперные характеристики соответственно источника излучения и фотоприёмного устройства. Сквозная передаточная характеристика ОЭИП – $F_{\text{ОЭИП}}$ будет определяться как зависимость сигнала на

выходе ФПУ — $F_{\text{ФПУ}}$ от сигнала управления интенсивностью излучения источника — $U_{\text{упр}}$:

$$F_{\text{ОЭИП}} = U_{\text{ФПУ}}(U_{\text{упр}}).$$

Линейность характеристики $F_{\text{ОЭИП}}$ является одним из важных показателей, который во многом определяет метрологические свойства фотометра. Теоретическое определение формы характеристики $F_{\text{ОЭИП}}$ связано с преодолением некоторых трудностей, поскольку необходимо знать выражения для описания передаточных характеристик источника излучения $F_{\text{ИИ}}$ и фотоэлектрического преобразователя $F_{\text{ФЭП}}$. Кроме того, необходимо учитывать нелинейные искажения возникающие в электрических схемах (схемы управления и усилителя сигнала ФЭП), к которым подключаются эти элементы.

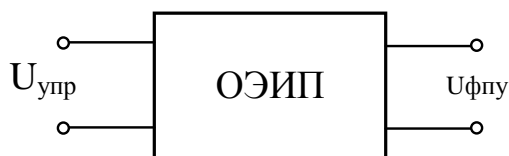


Рис.5.1. ОЭИП в виде четырёхполюсника.

Наибольшие трудности возникают при определении $F_{\text{ИИ}}$, отражающей зависимость интенсивности излучения от управляющего сигнала. Эти зависимости, рекомендуемые для инженерных расчетов, зачастую носят эмпирический характер и применимы для небольшого динамического диапазона управляющих сигналов. Для светодиодов зависимость мощности излучения $P_{\text{ИИ}}$ от протекающего через диод тока I определяется как

$$P_{\text{ИИ}} = I h \nu \eta / q,$$

где $h \nu$ — энергия излучения фотонов; q — заряд электрона; η — внешняя квантовая эффективность, которая зависит от типа полупроводниковых материалов, геометрии р-п-перехода, конструкции диода и других показателей, в том числе и от тока через светодиод.

Так как квантовую эффективность при практических расчетах определить не удастся, то выражение для $P_{\text{ИИ}}$ упрощают, считая, что относительная мощность излучения $P_{\text{отн}} = P(I)/P(I_0)$ зависит от отношения тока I через светодиод к базовому току I_0

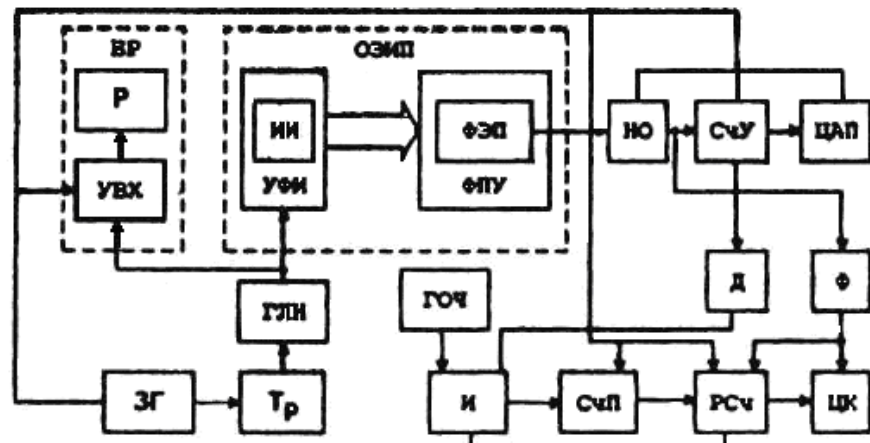
$$P_{\text{отн}} = (I/I_0)^m,$$

где $m = 0,6 \div 1,4$ — коэффициент, зависящий от типа и конкретного образца светодиода.

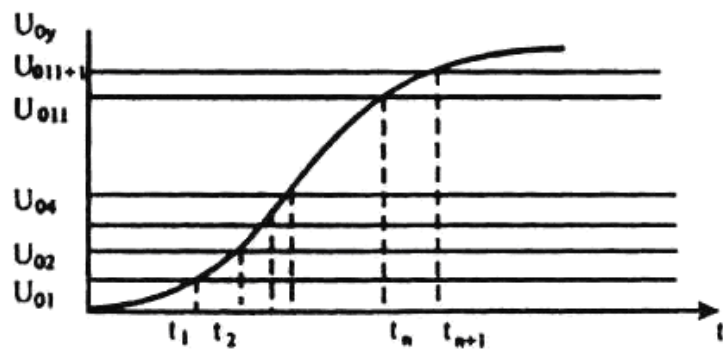
Применение полученных выражений при оценке линейности $F_{\text{ОЭИП}}$ не дает удовлетворительных результатов. В некоторых справочниках приводятся графики зависимости мощности излучения (яркости, силы света) излучателей от управляющего сигнала. Однако эти данные получены для постоянных токов, не превышающих предельно допустимых. При работе светодиодов в импульсном режиме ток в импульсе может в несколько раз превышать предельно допустимый постоянный ток при среднем токе, не превышающем последний. Данные по таким режимам работы светодиодов в литературе, как правило, не приводятся, поэтому разработчику приходится снимать сквозную передаточную характеристику ОЭИП экспериментально. Для этого удобно воспользоваться устройством, структура которого приведена на рис.5.2,а. [44]

Исследуемый ОЭИП включается во внешнюю измерительную схему, в которой можно выделить две части. Первая часть схемы — блок управления (БУ) — обеспечивает управление интенсивностью излучения светодиода по линейно изменяющемуся закону, вторая — блок регистрации (БР) — позволяет оценить линейность сквозной передаточной характеристики.

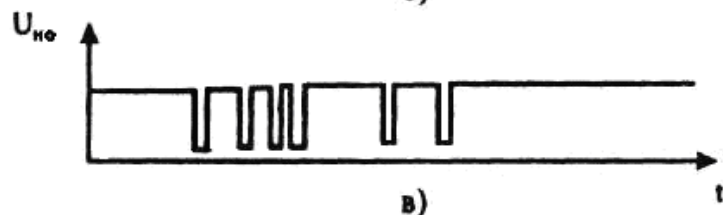
Импульс, формируемый задающим генератором (ЗГ), запускает триггер (Тр), который определяет продолжительность одного цикла измерений и приводит все узлы устройства в исходное состояние. Начинает работать генератор линейно изменяющегося напряжения (ГЛН), выход которого подключен к схеме управления интенсивностью излучения источника (ИН) — устройства формирования излучения УФИ, входящего в состав ОЭИП. С выхода фотоприемного устройства (ФПУ), в состав которого включен фотоэлектрический преобразователь (ФЭП) ОЭИПа, сигнал поступает на один вход пороговой схемы (нуль-органа НО с пороговым уровнем $U_0 = 0$), на второй вход которого подается напряжение опорного уровня с цифроаналогового преобразователя (ЦАП). Вход ЦАП соединен со счетчиком уровня (СчУ), в котором в начальный момент времени устанавливается код, соответствующий первому уровню опорного напряжения U_{01} .



а)



б)



в)

Рис. 5.2. Устройство для измерения линейности сквозной передаточной характеристики ОЭИП.

В момент t_1 выходной сигнал с ОЭИП достигает уровня U_{01} (рис. 5.2 б), нуль-орган срабатывает (рис. 5.2 в), а его импульс поступает на СЧУ и формирователь (Ф). С ЦАП на вход НО подается очередной уровень опорного напряжения U_{02} ; НО переводится в исходное состояние. Дешифратор Д формирует импульс длительностью $t_2 - t_1$, который открывает схему совпадений И, и счетные импульсы с генератора опорной частоты ГОЧ поступают на счетчик памяти СЧП. В счетчике формируется код, пропорциональный крутизне начального участка сквозной передаточной характеристики ОЭИП. В момент t_2 нуль-орган вновь срабатывает, счетчик СЧУ получает новый импульс и через ЦАП формируется новый опорный уровень U_{03} , НО возвращается в исходное состояние. Формирователь Ф вырабатывает импульс,

который поступает на цифровой компаратор (ЦК) и реверсивный счетчик (РСч), в который переписывается код из счетчика памяти. После этого счетные импульсы от генератора опорной частоты поступают на вычитающий вход реверсивного счетчика и одновременно через схему И — опять на счетчик памяти. Таким образом, из переписанного в реверсивный счетчик кода, соответствующего интервалу $t_2—t_1$ вычитаются импульсы, число которых соответствует интервалу $t_3—t_2$. В счетчике памяти СчП формируется код интервала $t_3—t_2$. В момент t_3 срабатывает нуль-орган, формируется очередной уровень U_{04} . Импульс с выхода формирователя Φ поступает на компаратор ЦК, который срабатывает, если на реверсивном счетчике сохранится код $\pm\Delta N_{\text{доп}}$.

Устройство работает до такого интервала $t_{n-1}—t_n$, для которого остаточный код в РСч превышает допустимую величину $\pm\Delta N_{\text{доп}}$, что соответствует допустимому значению $\pm\Delta t_{\text{доп}}$ изменения соседних интервалов. В момент t_{n+1} сформированный импульс проходит через компаратор и поступает на триггер (Тр), возвращая его в исходное состояние. Цикл исследования заканчивается. Наибольшее значение тока через светодиод в момент t_{n+1} запоминается в устройстве выборки и хранения (УВХ) и поступает на регистратор (Р).

Превышение интервала $t_{n+1} - t_n$ при некотором n начального интервала $t_2—t_1$ на величину Δt пропорционально определенному отклонению крутизны сигнала на выходе от его крутизны на начальный момент нарастания пилообразного напряжения. Величина допустимого отклонения (интервал $\pm\Delta t_{\text{доп}}$ и код $\pm N\Delta$) задается на цифровом компараторе соответствующей коммутацией сигналов разрядов реверсивного счетчика.

Погрешность устройства определяется в основном точностью формирования опорных уровней, частотой генератора счетных импульсов, нелинейностью пилообразного напряжения. Такие факторы, как запаздывание срабатывания нуль-органа, дрейф порога срабатывания, конечное время срабатывания цифровых элементов и другие подобные факторы на точность оценки линейности сквозной передаточной характеристики влияния не оказывают или влияют незначительно, поскольку их воздействие можно считать идентичным для всех интервалов $t_2—t_{1\div t_{n+1}}—t_n$. Устройство позволяет оценить влияние опико-электрического контура отрицательной обратной связи на линейность передаточной характер

и ОЭИП. В этом режиме в него вводится дополнительный фотометрический канал, включающий фотодиод и усилительный тракт с контуром автоматического управления мощностью излучения светодиода по сигналу ошибки.

Приведенная схема, конечно, не является единственно возможной, она лишь иллюстрирует принцип построения подобных устройств.

В качестве конкретного примера рассмотрим процедуру настройки и проверки работоспособности элементов и узлов серийного спектрофотометра типа СФ-26 работающего в спектральном диапазоне от 186 до 1100нм.

Спектрофотометр СФ-26 предназначен для измерения коэффициента пропускания исследуемого образца T , равного отношению интенсивности потока излучения I , прошедшего через измеряемый образец, к интенсивности потока излучения I_0 , падающего на измеряемый образец или прошедшего через контрольный образец, коэффициент пропускания которого принимается за единицу и выражается формулой

$$T = \frac{I}{I_0} \cdot 100.$$

Измерение производится по методу электрической автокомпенсации.

В монохроматический поток излучения поочередно вводятся контрольный и измеряемый образцы. При введении контрольного образца стрелка измерительной прибора устанавливается на деление «100» регулировкой ширины щели, и значение установившегося при этом светового потока принимают 100% пропускания. При введении в поток излучения измеряемого образца стрелка измерительного прибора отклоняется пропорционально изменению потока, величина коэффициента пропускания отсчитывается по шкале в процентах пропускания. Оптическая схема монохроматора - автоколлимационная. Излучение от источника 1 (рис.5.3) или 1' падает на зеркальный конденсор 2, который направляет его на плоское поворотное зеркало-3 и дает изображение источника излучения в плоскости линзы 4, расположенной вблизи входной щели 5. Прошедшее через входную щель излучение падает на зеркальный объектив 6 и, отразившись, параллельным пучком направляется на призму 7.

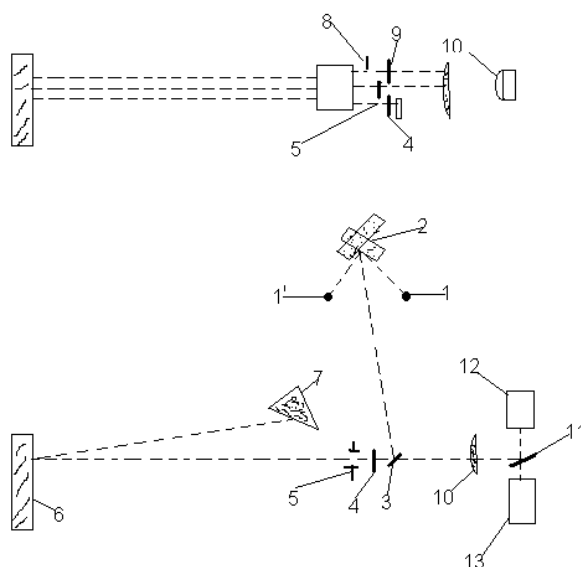


Рис. 5.3. Оптическая схема монохроматора спектрофотометра СФ-26

Пройдя призму под углом, близким к углу наименьшего отклонения, и отразившись от ее алюминированной грани, диспергированный пучок направляется обратно на объектив и фокусируется им на выходной щели 8, расположенной над входной щелью. При вращении призмы монохроматическое излучение различных длин воли проходит через выходную щель 8, линзу 9, контрольный или измеряемый образец, линзу 10 и с помощью поворотного зеркала 11 собирается на светочувствительном слое одного из фотоэлементов 12 или 13.

Объектив представляет собой сферическое зеркало с фокусным расстоянием 500 мм.

Диспергирующая призма имеет преломляющий угол 30° , основание 30 мм и эффективный диаметр 44 мм.

Призма, линзы и защитные пластинки изготовлены из кварцевого стекла с высоким коэффициентом пропускания в ультрафиолетовой области спектра.

Для обеспечения работы спектрофотометра в широком диапазоне спектра используются два фотоэлемента и два источника излучения сплошного спектра. Сурьмяно-цезиевый фотоэлемент с окном из кварцевого стекла применяется для измерений в области спектра от 186 до 650 Нм, кислородно-цезиевый фотоэлемент — для измерений в области спектра от 600 до 1100 Нм. Длина волны, при которой следует переходить от

измерений с одним фотоэлементом к измерению с другим фотоэлементом, указывается в паспорте спектрофотометра.

Дейтериевая лампа предназначена для работы в области спектра от 186 до 350 Нм, лампа накаливания - работы в области спектра от 340 до 1100 Нм. Для проверки градуировки используется ртутно - гелиевая лампа.

Упрощенная структурная схема фотометра показан на рис. 5.4.

Сигнал с фотоприемника поступает на вход усилителя. Нагрузкой фотоприемника является делитель, состоящий из резисторов R12...R15, включенных в цепь обратной связи усилителя.

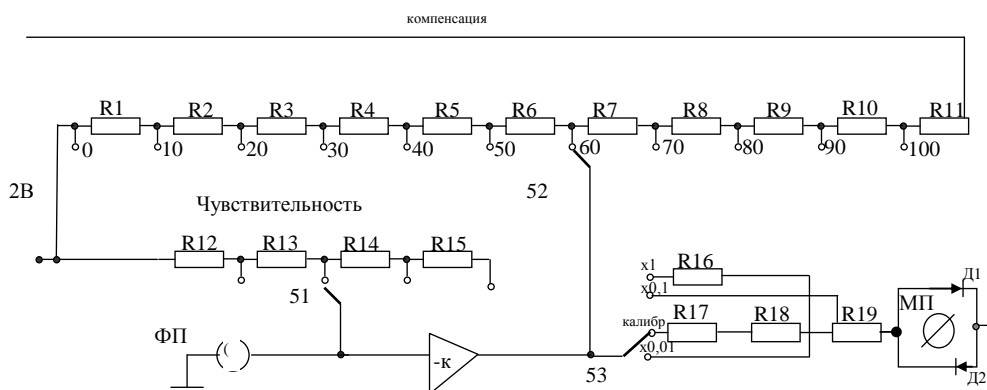


Рис.5.4 Структурная схема фотометра СФ-26

Регистрирующим устройством является измерительный прибор ИП. Добавочные резисторы R16 . . . R18 служат для растяжки шкал прибора ИП. Шкалы переключаются с помощью переключателя S3 и подобраны так, что при переключении из положения «x1» в положение «x0,1» показания прибора изменяются и 10 раз, при переключении из положения КАЛИБР в положение «x0,01» - 100 раз.

Для повышения точности отсчета при измерении образцов, мало отличающихся друг от друга по пропусканию, в спектрофотометре предусмотрена возможность включения компенсирующего напряжения, которое вводится в измерительную систему с помощью делителя, состоящего из резисторов R1 . . . R10, позволяющих дискретно компенсировать целые десятки процентов. Изменение напряжения компенсации от 10% и выше производится переключателем S2.

При этом в положении «х1» переключателя S1 можно компенсировать дискретно любое показание измерительного прибора от 10 до 100 делений шкалы. В положении КАЛИБР переключателя S3 компенсируются показания прибора в пределах 1 – 10 делений шкалы.

3. Содержание работы и ее выполнение

В ходе эксплуатационного обслуживания фотометра типа СФ - 26 соответствующим техническим описанием и инструкцией по эксплуатации предусмотрен ряд подготовительных мероприятий состоящих из следующей последовательности действий.

3.1. Подготовка к включению.

В соответствии с инструкцией по эксплуатации производится установка фотоэлемента и источника излучения, соответствующих выбранному спектральному диапазону измерений, после чего прибор включается в сеть. Стабильная работа спектрометра обеспечивается через 1 час после включения. Измерения могут осуществляться как по собственному стрелочному прибору, так и с помощью внешнего цифрового вольтметра типа Щ1312, Щ1413, Щ1513 или подобных. Если последняя цифра отсчета на стабильна, то параллельно входу вольтметра следует подключить конденсатор порядка 100 мкФ.

При работе с цифровым вольтметром не следует снимать показания со стрелочного прибора, так как шкала цифрового вольтметра и стрелочного прибора могут быть не согласованы.

3.2. Регулировка источников излучения

Проверку правильности установки источников излучения рекомендуется производить в видимой области спектра в диапазоне длин волн от 540 до 600 нм визуальным способом по изображению светового пятна перед входным окном камеры с фотоэлементами в следующем порядке:

- закройте установленный в рабочее положение фотоэлемент и включите проверяемый источник излучения;
- установите любую длину волны в диапазоне от 540 до 600 нм и раскройте щель на 2 мм;

- поднимите крышку кюветного отделения и поместите лист плотной белой бумаги перед окном камеры с фотоэлементами, если положение источников света не нарушено, на листе бумаги должно получиться равномерно освещенное прямоугольное световое пятно размером 20x15 мм с резкими краями слева и справа.

При неравномерной освещенности светового пятна или искажении его формы произведите регулировку лампы в держателе, предварительно сняв кожух осветителя (рис. 5.5). Регулировку в горизонтальной плоскости производите горизонтальными винтами (перемещение в двух взаимно перпендикулярных направлениях), регулировку по высоте и поворот вокруг вертикальной оси производите от руки при отпущенном винте установок.

При установке источников излучения, а также после замены ртутно-гелиевой лампы дейтериевой лампой необходимо обязательно проверить установку ламп, так как лампы не взаимозаменяемы.

Лампу накаливания нужно устанавливать так, чтобы держатель нити накала не перекрывал световой поток (на световом пятне не должно быть темной полосы).

После переключения ламп следует убедиться в точной фиксации положения эллиптического зеркала.

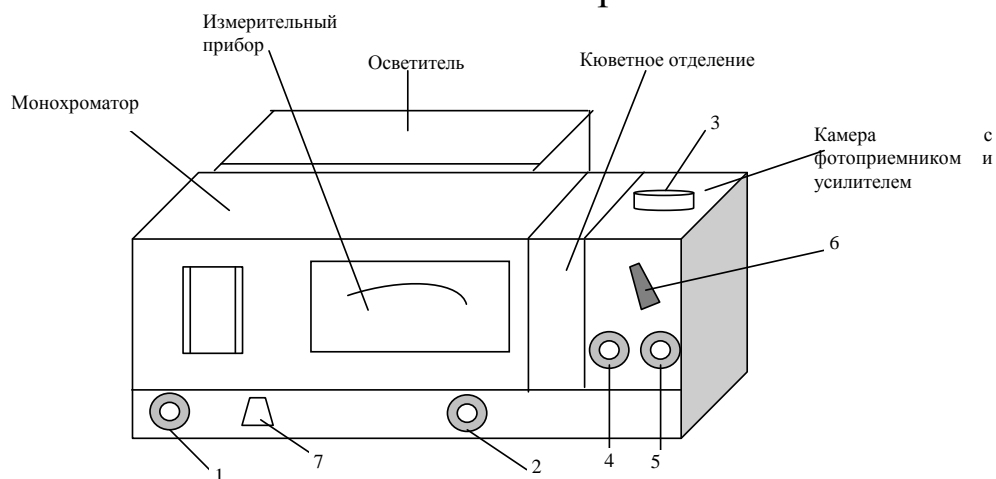


Рис. 5.5. Органы управления спектрофотометром СФ-26

3.3. Градуировка шкалы длин волн

Проверку градуировки шкалы длин волн производят по спектру ртутно-гелиевой лампы ДРГС-12 визуальным и фотоэлектрическими методами.

Визуальную проверку производят в следующем порядке:

- установить в держатель дейтериевой лампы лампу ДРГС-12 и отрегулировать ее положение;
- установить ширину щели 0,02—0,03 мм;
- снять камеру с фотоэлементами, предварительно отпустив удерживающий винт;
- вращая шкалу длин волн, привести на выходную щель желто-зеленую линию спектра ртути 546,1 нм (наблюдение вести через окно, кюветной камеры);
- в момент заполнения щели линией снять отсчет по шкале длин волн и сравнить его с табличным значением, если отсчет отличается от табличного значения больше чем на 0,5 нм, необходимо исправить градуировку поворотом регулировочного винта на рычаге призмы через отверстие с помощью специального ключа из комплекта спектрофотометра;
- установить индекс шкалы длин волн на деление «546» и осторожно поворачивать регулировочный винт до тех пор, пока изображение входной щели (желто-зеленая линия) не заполнит выходную щель.

Проверку градуировки фотоэлектрическим методом рекомендуется производить следующим образом:

- установить рукоятку 4 (см. рис 5.5) в положение ЗАКР; установить фотоэлемент, соответствующий проверяемой области спектра, в рабочее положение рукояткой 3 и установить ноль рукояткой 5;
- установить рукоятку 7 в положение «х1»;
- установить рукоятку 4 шторки в положение ОТКР;
- привести на выходную щель линию спектра, медленно поворачивая призму за рукоятку 1, при этом стрелка измерительного прибора отклонится вправо;
- уменьшая ширину щели, необходимо удерживать стрелку в пределах шкалы, в момент максимального отклонения стрелки вращение рукоятки 1 прекращается и снимается отсчет по шкале длин волн;
- максимальное отклонение стрелки, соответствующее моменту прохождения линии через щель, определяют по началу движения стрелки измерительного прибора влево. Вращение рукоятки привода механизма сканирования следует производить в сторону увеличения длин волн.

Отсчет производится три раза.

Значение $\Delta\lambda$ вычислить по формуле:

$$\Delta\lambda = \lambda_1 - \lambda_{табл},$$

где λ_1 — среднее значение отсчета по шкале длин волн;

$\lambda_{табл}$ — табличное значение длины волны;

$\Delta\lambda$ — погрешность градуировки.

Линия 546,1 нм должна быть воспроизведена с погрешностью не более $\pm 0,5$ нм ($\Delta\lambda \leq 0,5$ нм).

В случае невыполнения этого условия следует вращать регулировочный винт по часовой стрелке, если линия устанавливается на отсчете шкалы, большем табличного значения, и против часовой стрелки, если линия устанавливается на отсчете шкалы, меньшем табличного значения.

После установки линии 546,1 нм проверяется шкала другими линиями спектра лампы ДРГС-12. При этом погрешность градуировки не должна превышать значений, указанных в табл. 5.1.

Таблица 5.1

Таблица погрешностей градуировки

Линия ртути, нм	Погрешность градуировки, нм
222,47	$\pm 0,1$
248,27	$\pm 0,1$
253,65	$\pm 0,1$
280,35	$\pm 0,1$
302,15	$\pm 0,2$
365,0	$\pm 0,3$
404,7	$\pm 0,5$
435,8	$\pm 0,5$
587,6	$\pm 0,1$
1014,0	$\pm 5,0$
1083,0	$\pm 5,0$

Если отклонение стрелки вправо при прохождении линии по щели мало и составляет 1 – 2 деления, то следует увеличить чувствительность, установив рукоятку б в положение «2», «3» или «4».

Проверку градуировки в ближней инфракрасной области производят с кислородно-цезиевым фотоэлементом.

Если в отдельных точках погрешность превышает указанную в табл. 2.13, то необходимо откорректировать шкалу длин волн изменением отсчета при проверке по линии 546,1 нм в пределах $\pm 0,5$ нм.

В случае работы спектрофотометра при температурах, лежащих в пределах от 10 до 15° С и от 25 до 35° С, возможно увеличение погрешности градуировки шкалы длин волн.

3.4. Определение рабочей ширины щели

Определение рабочей ширины щели следует производить с целью контроля регулировки источников излучения и чувствительности приемо-усилительной системы и разрешения спектрофотометра.

Таблица 5.2

Проверочная таблица для определения рабочей ширины щели.

Длина волны	Источник излучения	Приемник	Ширина щели, мм, не более	Положение переключателя ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТЬ
186	Дейтериевая лампа	Ф17	2,0	3
190	Дейтериевая лампа	Ф17	2,0	1
350	Дейтериевая лампа	Ф17	0,33	1
350	Лампа накаливания	Ф17	0,22	1
600	Лампа накаливания	Ф17	0,11	1
600	Лампа накаливания	Ф23	0,14	1
1100	Лампа накаливания	Ф23	0,33	2

Рабочую ширину щели проверяют при длинах волн, источниках излучения, фотоэлементах и положениях переключателя ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТЬ, указанных в табл. 5.2

Проверку производите в следующем порядке:

- устанавливается «0» на шкале измерительного прибора рукояткой 5;

- установив длину волны рукояткой 1, рукоятку переключения шторки установить в положение ОТКР и, изменяя ширину щели рукояткой 2, приведите стрелку измерительного прибора к делению «100»;

- снять отсчет по шкале раскрытия щели. Убедитесь, что полученные значения не превышают указанных в табл. 5.2.

Если на длине волны 186 нм полного раскрытия щели недостаточно для установки стрелки измерительного прибора на деление «100», то необходимо применить продувку спектрофотометра сухим азотом, так как ультрафиолетовая граница диапазона измерений зависит от поглощающих свойств окружающего воздуха.

Для продувки рекомендуется использовать балонный газ, подавая его в монохроматор через штуцер, расположенный на задней стенке основания монохроматора.

Продувать спектрофотометр следует перед работой в течение 10—15 мин со скоростью 10 л/мин.

Можно производить измерения на спектрофотометре при постоянной продувке со скоростью 5 л/мин. Для контроля скорости продувки используется ротаметр РС 3001.

Зная механическую ширину щели и обратную дисперсию, приведенную в табл. 5.3 рассчитывают выделяемый спектральный интервал, который характеризует разрешение спектрофотометра, по формуле

$$\Delta\lambda = DS,$$

где $\Delta\lambda$ — выделяемый спектральный интервал, нм; D — обратная линейная дисперсия, нанометры на миллиметр; S — рабочая ширина щели, мм.

Таблица обратных дисперсий

Длина волны, нм	Обратная линейная дисперсия, нм/мм
186	0,63
200	1,00
340	7,50
500	23,60
600	42,40
800	80,20
1100	119,30

3.5. Проверка отсутствия мешающего излучения в спектрофотометре

Мешающее излучение по шкале коэффициентов пропускания при длине волны 200 нм должно быть не более 1%. Со временем при длительной эксплуатации, а также при небрежном обращении со спектрофотометром (вследствие загрязнения и запыления оптических элементов) мешающее излучение может увеличиться и внести дополнительную погрешность в измерения коэффициента пропускания. Поэтому необходимо проверять наличие мешающего излучения в приборе и учитывать его при измерениях.

Проверку производят, измеряя коэффициенты пропускания светофильтров из стекла ИС8 толщиной 1 мм и из стекла УФС2, входящих в комплект спектрофотометра СФ-26, при длине волны 200 нм. Сумма коэффициентов пропускания этих светофильтров не должна превышать 1 %.

3.6. Установление точки смены фотоэлементов

Смену фотоэлементов необходимо производить при той длине волны, которая указана в паспорте спектрофотометра. Со временем точка смены фотоэлементов ввиду их старения может меняться, поэтому периодически ее следует проверять.

Конкретная длина волны, при которой следует производить смену фотоэлементов, выбирается из условия равенства ширины

щели при установке 100-процентного пропускания как с сурьмяно-цезиевым, так и с кислородно-цезиевым фотоэлементом.

3.7. Проверка нестабильности показаний «0» и «100»

Нестабильность нуля измерительного устройства, выражающаяся в отклонении стрелки измерительного прибора от «0» или в изменении отсчета цифрового вольтметра от «0,000» при положении ЗАКР переключателя шторки, не должна быть более $\pm 0,1$ % за 1 мин.

Нестабильность показаний 100-процентного отсчета, выражающаяся в отклонении стрелки измерительного прибора от деления «100» или в изменении отсчета цифрового вольтметра от «1,000» при положении ОТКР переключателя шторки, не должна быть более $\pm 0,1$ % за 30 с.

Для проверки нестабильности показания «100» включите лампу ОП-33-0,3 и установите длину волны 550 нм.

Установите переключатель ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТЬ в положение «1».

Установить рукоятку переключения шторки в положение ОТКР и рукояткой 2 установить отсчет «100» по шкале стрелочного прибора или отсчет «1,000» по табло цифрового вольтметра.

Скомпенсируйте отсчет, установив рукоятку КОМПЕНСАЦИЯ в положение «90» и установив рукоятку ОТСЧЕТ в положение «x0,1». Включите секундомер и через 30 сек. проверьте положение стрелки измерительного прибора. Отклонение стрелки измерительного прибора не должно превосходить 2 малых деления (что соответствует 0,1%) или «0,001» по табло цифрового вольтметра.

Для проверки нестабильности показания нуля закрывается шторка, устанавливается «0» на шкале измерительного прибора или «0,000» на табло цифрового вольтметра рукояткой НУЛЬ. Устанавливается рукоятка КОМПЕНСАЦИЯ в положение «0», а рукоятка ОТСЧЕТ — в положение «x0,1». Включается секундомер и через 1 мин проверяется положение стрелки прибора. Отклонение стрелки измерительного прибора не должно быть более двух малых делений (соответствует 0,1%) или «0,001» по табло цифрового вольтметра.

3.8. Проверка времени установления отсчета

Время установления отсчета на измерительном приборе при перемещении стрелки из положения «0» в положение «100» и из положения «100» в положение «0» при перемещении шторки из положения ЗАКР в положение ОТКР и наоборот должно быть не более 10 с при установке переключателя ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТЬ в положение «2».

При проверке включают лампу накаливания и устанавливают длину волны 400 нм. Устанавливают переключатель ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТЬ в положение «2» и «0» на шкале измерительного прибора или «0,00» на табло цифрового вольтметра рукояткой НУЛЬ. Устанавливают рукоятку переключения шторки в положение ОТКР и рукояткой 2 устанавливают отсчет «100» на шкале измерительного прибора или отсчет «1,000» на табло цифрового вольтметра.

Закрывают шторку, включают секундомер и отмечают время возвращения стрелки к «нулю» в зону «1» деления от нулевой отметки или в зону «0,005» на табло цифрового вольтметра.

Те же операции проделывают при открывании шторки и перемещении стрелки измерительного прибора к отсчету «100» или отсчета на табло к «1,000». Время установления отсчетов не должно быть более 10 с.

3.9. Проверка фотометрической шкалы спектрофотометра

Для определения правильности измерений по шкале коэффициентов пропускания измеряют коэффициенты пропускания нейтральных светофильтров из комплекта спектрофотометра для длин волн, указанных в паспорте спектрофотометра, и сравнивают результаты измерений с паспортными значениями.

Измерения выполняют в следующем порядке:

При работе в области спектра 186 - 340 нм устанавливают переключатели ламп на кожухе осветителя в положение «Д», при работе в области спектра 340 – 1100 нм - в положение «Н»; при работе в области спектра 186—620 нм устанавливают рукоятку переключения фотоэлементов в положение «Ф», при работе в области спектра 620-1100 нм — в положение «К».

Устанавливают на шкале длин волн необходимую длину волны рукояткой переключатель ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТЬ в положение «1», рукоятку КОМПЕНСАЦИЯ — в положение «0».

Устанавливают рукоятку переключения шторки в положение ЗАКР.

Рукояткой НУЛЬ стрелку измерительного прибора устанавливают на «0» или показание цифрового вольтметра «0,000». Далее рукоятку переключения шторки устанавливают в положение ОТКР.

Меняя ширину щели рукояткой 2, устанавливают стрелку измерительного прибора на деление «100» или показания цифрового вольтметра «1,000».

Если поток излучения не достаточен для установления указанных значений, то рукоятка переключения шторки устанавливается в положении ЗАКР, а переключатель ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТЬ в положение «2», «3», «4». Далее вновь стрелка измерительного прибора устанавливается на «0» или показание цифрового вольтметра «0,000» рукояткой НУЛЬ.

Рукоятка переключается шторки устанавливается в положение ОТКР и рукояткой 2 снова устанавливается стрелка измерительного прибора на деление «100» или показание цифрового вольтметра «1,000».

Перемещая каретку с образцами, вводится светофильтр в световой поток и снимаются показания со шкалы измерительного прибора или цифрового вольтметра.

Измерение каждого фильтра на каждой из длин волн, указанных в паспорте комплекта, производится три раза. После каждого измерения определяется разность между измеренным и паспортным значениям по формуле

$$\Delta T = T_1 - T_0.$$

где T_1 - показание по шкале измерительного прибора;

T_0 — паспортное значение коэффициента пропускания контрольного светофильтра.

При исправном приборе $\Delta T < \pm 1\%$

Если $\Delta T > 1\%$, то прибор неисправен и требует ремонта.

3.10. Определение сходимости измерений

Среднее квадратическое отклонение показаний спектрофотометра следует определять при двух длинах волн в области спектра 200—350 и 650—1100 нм.

Коэффициент пропускания с светофильтров, находящихся в контрольном комплекте, измеряют методом, указанным в подразделе 8 для 10 измерений для каждой длины волны.

Среднее квадратическое отклонение вычисляется по формуле

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (T_i - \bar{T})^2}{n - 1}},$$

где \bar{T} — среднее арифметическое значение коэффициента пропускания; T_1 — отдельное значение коэффициента пропускания.

Среднее квадратическое отклонение показаний спектрофотометра не должно быть более 0,25 при снятии отсчетов по шкале стрелочного прибора и 0,1 по табло цифрового вольтметра.

Как видно из приведенного описания подготовка к работе спектрофотометра типа СФ-26 носит достаточно трудоемкий характер. В современных фотометрических системах этап подготовки к работе и поверка соответствующей техники может быть значительно сокращен за счет применения малоинерционных оптических систем и микропроцессорной техники, позволяющей автоматизировать процессы подготовки к работе и поверочные операции.

4. Контрольные вопросы и задачи

4.1. Охарактеризуйте особенности функционирования и контроля работоспособности фотометров.

4.2. Как экспериментально определяется передаточная характеристика ОЭИП?

4.3. Нарисуйте структурную оптическую схему фотометра типа СФ-26. расскажите как они работают.

4.4. Как производится регулировка источников излучения и градуировка шкалы длины волны фотометра СФ-26?

4.5. Как определяются рабочая ширина щели и нестабильность показаний «0» и «100» фотометра СФ-26?

4.6. Как проверяются фотометрическая шкала и сходимость измерений фотометра типа СФ-26?

Библиографический список

1. Корневский, Н.А., Приборы и технические средства функциональной диагностики. [Текст]: Н.А. Корневский, Е.П. Попечителей, С.А.Филист // Учебное пособие : в 2х частях. Ч. 1 / Курск. Гос. Техн. Ун-т. Курск , 2004. -230 с

2. Корневский, Н.А. Приборы и технические средства функциональной диагностики. [Текст]: Н.А. Корневский, Е.П. Попечителей, С.А.Филист // Учебное пособие : в 2х частях. Ч. 2 / Курск. гос. техн. ун-т.- Курск , 2004. -252 с.

3. Корневский, Н.А. Приборы и технические средства терапии [Текст]: учеб. пособие: в 2 ч. Ч.1/Н.А.Корневский, Е.П.Попечителей, С.А.Филист; Курск. гос.техн.ун-т. Курск, 2005. 240с.

4. Попечителей, Е.П. Электрофизиологическая и фотометрическая медицинская техника. [Текст]: Е.П.Попечителей, Н.А.Корневский // – М.: Высшая школа , 2002, 470 с.