

Министерство образования и науки Российской Федерации

Государственное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования  
«Оренбургский государственный университет»

Кафедра медико-биологической техники

А.Д. Стрекаловская, А.В. Рачинских, Т.А.Санеева

# РЕМОНТ И ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ БИОМЕДИЦИНСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Методические указания  
к практической работе

Рекомендовано к изданию Редакционно-издательским советом  
Государственного образовательного учреждения высшего  
профессионального образования «Оренбургский государственный  
университет»

Оренбург  
ИПК ГОУ ОГУ  
2011

УДК 615.47 (07)  
ББК 53я73  
С84

Рецензент – заведующий отделением медицинской техники ФГУ МНТК  
«Микрохирургия глаза» имени академика С.Н. Федорова В.И. Канюков

С84                    **Стрекаловская, А.Д.**  
Ремонт и техническое обслуживание биомедицинского оборудования:  
методические указания к практической работе / А.Д. Стрекаловская,  
А.В. Рачинских, Т.А. Санеева; Оренбургский гос. ун-т. – Оренбург :  
ОГУ, 2011. – 17 с.

Методические указания устанавливают объем и содержание  
практической работы, содержат сервисное обслуживание биомедицинского  
оборудования.

Методические указания предназначены для студентов, обучающихся  
по программе высшего профессионального образования по специальности  
«Инженерное дело в медико-биологической практике при изучении  
дисциплины «Эксплуатация и техническое обслуживание изделий  
медицинской техники».

УДК 615.47 (07)  
ББК 53я73

© Стрекаловская А.Д.,  
Рачинских А.В.,  
Санеева Т.А., 2011  
© ГОУ ОГУ, 2011

## Содержание

Введение.....	4
1 Принципы сервисного обслуживания .....	5
2 Анализ решения проблем .....	5
3 Неисправности схем.....	8
4 Сервисное обслуживание биомедицинского оборудования.....	9
5 Принципы биомедицины .....	9
6 Требования безопасности .....	10
Список использованных источников.....	17

## **Введение**

В настоящее время происходит насыщение лечебно-профилактических учреждений изделиями медицинской техники (ИМТ), позволяющими использовать эффективные методики лечения и диагностики больных. Медицинская промышленность предоставляет врачам большой выбор изделий медицинской техники. Однако более или менее интенсивная эксплуатация ИМТ может привести к выходу их из строя. Для того, чтобы избежать дорогостоящего ремонта этих изделий после выхода их из строя, необходимо регулярно проводить их техническое обслуживание, что намного дешевле.

Только с помощью полноценного технического обслуживания ИМТ возможна минимизация затрат на их нормальную эксплуатацию в течение всего срока службы.

## **1 Принципы сервисного обслуживания**

Карьера в сфере сервисного обслуживания электрических и электронных устройств может быть финансово привлекательной и приносить подлинное удовлетворение от работы. Эксперт обладает уникальным набором знаний в области электронной теории, техники решения проблем и квалификации в выполнении работ. Большинство электронных изделий и приборов содержат такие сходные элементы, как резисторы, конденсаторы, диоды, транзисторы, выводы, разъемы, провода. Понимание причин стандартных поломок этих элементов и способов их тестирования является необходимой предпосылкой для специалиста. В этой главе вы научитесь основам анализа решения проблем, узнаете распространенные неполадки и основные процедуры проверки работоспособности наиболее часто встречающихся электрических и электронных компонентов.

## **2 Анализ решения проблем**

Прежде чем пытаться обслуживать прибор, вы должны сначала разработать концепцию решения проблем и применить ее к поиску неисправностей и ремонту. Первоначальный план действий таков:

- 1) анализ ситуации;
- 2) определение причин возникновения проблемы;
- 3) принятие решения.

Вы должны поступать именно в таком логическом порядке, в противном случае могут возникнуть ошибки, несчастные случаи, потери времени и лишние расходы. Например, многие специалисты по ремонту, обнаружив сгоревший предохранитель, просто заменяют его, вместо того, чтобы сначала определить причину возникновения проблемы. В результате может сгореть и следующий предохранитель.

Поэтому первым шагом в обслуживании устройства является анализ ситуации. Он предполагает критический обзор и всестороннее исследование возникшей проблемы, что позволяет специалисту понять причины, которые не позволяют прибору правильно работать. Это определяется простым осмотром общего состояния устройства.

Начните этот этап, задав вопросы заказчику и проведя наблюдения по следующим пунктам:

- 1) обсудите дефект с владельцем или пользователем;
- 2) сравните проблему с другими из вашего прошлого опыта;
- 3) может быть, неисправности и нет, а имеет место ошибка пользователя;
- 4) определите различия между текущим состоянием устройства и тем, которое должно быть при правильной работе;
- 5) оцените ситуацию в целом, отметив симптомы и необходимые изменения.

Определение причин возникновения проблемы вступает в силу, когда наблюдается отклонение от стандартного или желаемого состояния устройства. Примером является неправильно функционирующее или неработающее устройство. Поиск неисправностей представляет собой процесс определения причин проблемы. Первым шагом является организация работы. Начните с подготовки соответствующих схем, спецификаций производителя и руководств по техническому обслуживанию, инструментов и оборудования. Не старайтесь сократить этот этап, бросаясь сразу работать и тратя много времени на исправление устройства, в то время как простое чтение руководства по техническому обслуживанию может способствовать скорейшему решению проблемы. Другими словами, кто провалил этап планирования, тот гарантировал провал на пути устранения неполадок. Когда вы подготовились, выполните следующие операции:

- 1) опишите проблему;

2) сравните ситуацию с условиями работы устройства до возникновения неисправности;

3) опишите такие различия, как симптомы, шумы, запахи, которые были замечены при возникновении дефекта;

4) сравните: что есть и чего нет. Какие компоненты в порядке, а какие нет, и до какой степени они дефектны;

5) проанализируйте разницу с помощью тестирования, обращая особое внимание на неочевидные и непрямые связи. Например, небольшие изменения допусков элементов или цвета могут указывать на причину неисправности.

Когда вы определили истинную причину возникновения проблемы, то готовы перейти к заключительной фазе, которая называется «принятие решений».

На этом этапе специалист рассматривает различные варианты решения проблемы и выбор наилучшего. Например, если выяснено, что причиной неполадок стал электродвигатель, может быть несколько способов исправления. В зависимости от условий работы всей системы в целом можно починить двигатель или поставить новый той же модели. Третий вариант: выбрать более современную версию двигателя. Принимая решение, вы должны обратить внимание на преимущества и недостатки каждого способа. Планирование действий при аварийной ситуации учитывает будущие изменения всей системы: ожидаемый срок службы, условия работы и внесенные изменения. Например, может быть не совсем разумно ставить новый двигатель, если вся система в скором времени морально устареет и, в любом случае, будет заменена.

Помните о необходимости всегда выполнять все три фазы: ситуационный анализ, определение причин возникновения проблемы (поиск неисправностей) и принятие решения (ремонт). Для того чтобы стать умелым экспертом необходимо понимать важность этой последовательности и не изменять ей.

### 3 Неисправности схем

Большинство людей хотели бы, чтобы электрические и электронные изделия были гарантированно предохранены от неисправностей, но, к несчастью, это невозможно. Вероятно, большинство поломок - прямо или косвенно - возникают в результате неправильного использования или неудовлетворительного технического обслуживания.

Электрические или электронные неисправности можно классифицировать по основным причинам их возникновения следующим образом:

- тепло;
- влага;
- грязь и загрязнения;
- ненормальное или излишнее перемещение;
- неправильная установка;
- производственные дефекты;
- животные и грызуны.

Когда электронные приборы подвергаются слишком сильному тепловому воздействию, возникают проблемы. Тепло увеличивает сопротивление некоторых элементов схем, что в свою очередь приводит к возрастанию тока. Высокая температура заставляет материалы расширяться, высыхать, трескаться, вздуваться и изнашиваться гораздо быстрее, и, рано или поздно, устройство выйдет из строя.

Влага вызывает большой ток в цепях и может привести к поломке элементов. Вода и другие жидкости вызывает расширение, деформацию, ускоренный износ материалов и аномальный ток (короткие замыкания). Грязь, дым, испарения, абразивные материалы, сажа, жир, масла приводят к тому, что электронные устройства засоряются и покрываются липким налетом, начинают работать в ненормальном режиме и затем выходят из строя.



## **4 Сервисное обслуживание биомедицинского оборудования**

Применение электроники в медицине открыло одну из наиболее интересных областей техники. Когда был разработан телевизор, он считался чудом инженерной мысли. Но кто мог предсказать, что однажды прибор будет передавать детальное изображение человеческого тела! Этот день наступил - ультразвуковые, рентгеновские, магнитные технологии сегодня используются для фотографирования внутренних органов.

Биомедицинское оборудование можно разделить на две основных категории: средства диагностики и оборудование для лечения.

*Диагностические инструменты:* магниторезонансная визуализация, компьютерная томография, ультразвуковая визуализация, электромиография, электрокардиография, мониторы сосудистой и нервной системы, осуществляют измерения физиологических параметров, что нередко помогает врачам поставить диагноз.

Под *терапевтическим оборудованием* подразумеваются ультразвуковые массажные устройства глубокого прогревания, аппараты диатермии, электрохирургии, искусственной почки - все то, что помогает нашему организму работать более эффективно. Эта раздел рассматривает некоторые наиболее распространенные типы биомедицинских приборов.

## **5 Принципы биомедицины**

Молниеносно развивающийся рынок электронного оборудования в области защиты здоровья вызвал создание множества рабочих мест для профессиональных специалистов. Большинство больниц принимают на работу клинических инженеров и/или техников по биомедицинскому оборудованию, которые отвечают за электрическую безопасность и профилактическое техническое обслуживание, а также за выбор, ремонт и настройку аппаратуры. Производители постоянно нуждаются в опытных

специалистах для сопровождения, ремонта и калибровки оборудования. Навыки, необходимые для такой работы, различаются в зависимости от уровня квалифицированной помощи, которую должен оказать специалист.

Для того чтобы тщательно оценить проблемы в таком оборудовании, необходимы глубокие знания физиологии и техники соответствующих измерений, а также понимание электроники. Крайне важно знакомство со стандартами безопасности и техническая компетенция, поскольку от работы приборов зависит жизнь пациента. Для работы с биомедицинским оборудованием часто требуется специальная подготовка. Некоторые школы предлагают специальные курсы. В других случаях можно получить аналогичный опыт, работая рядом с квалифицированным специалистом. Ассоциация по продвижению медицинской техники (Association for the Advancement of Medical Instrumentation - AAMI) выдает специальные сертификаты, получение которых требует подтверждения электронной подготовки, практического опыта и компетенции в ходе письменных экзаменов.

## **6 Требования безопасности**

Возможно, вас ударило током во время работы с электронным оборудованием. Надеемся, что вы пережили это с минимальными остаточными явлениями помимо увеличившегося уважения к правилам безопасности при работе с электричеством. Учитывая крайнюю важность безопасности, мы рассмотрим некоторые основные моменты.

Величина напряжения в электрических цепях является не единственным фактором, который определяет опасность для жизни человека. Не следует забывать о силе тока и сопротивлении тела.

Прохождение электрического тока через какую-либо часть тела имеет два негативных эффекта. Первый - выделение тепла, которое возникает каждый раз, когда ток проходит через кожу, где сосредоточено самое

большое сопротивление. Второй - реакция нервов и мышц. Клетки реагируют на электрический ток так же, как на сигналы мозга, что может привести к сокращению мышц и оказывается сильнее нервной системы жертвы, заставляя мозг терять контроль над ситуацией.

Если через тело пройдет достаточный ток, может быть нарушена нормальная работа сердца и дыхания, что может обернуться смертельным исходом: пострадавший задохнется, или сердце перестанет перекачивать кровь. К несчастью, даже если источник тока убран, естественный ритм работы сердечной мышцы не всегда возвращается.

Прерывание ритма происходит, когда клетки сердечной мышцы теряют синхронизацию с соседними клетками. Вместо того чтобы работать вместе со скоординированными волнами сжатия, клетки начинают функционировать быстро и случайным образом. Это состояние называется фибрилляция желудочков. Многие случаи бытовой смерти - результат удара током. К трагедии может привести даже небольшой ток 100 мА, как показано в таблице 1.

Таблица 1- Физиологические последствия электрического удара

<b>Уровень тока с частотой 50 Гц (при прохождении через обе руки)</b>	<b>Физиологический эффект</b>
10 мкА – 100 мкА	Рекомендуемые пределы тока утечки для медицинских приборов
100 мкА – 1 мА	Порог чувствительности. Может вызвать фибрилляцию желудочков при непосредственном воздействии на сердце
1 мА - 10 мА	Мышцы начинают реагировать на ток. Может вызвать травму вследствие непроизвольной мышечной реакции. Болевой порог
10 мА – 100 мА	Паралич мышц. Пострадавший не может двигаться. Дыхание все более затруднено
100 мА – 1 А	Вероятен смертельный исход. Дыхание останавливается. Пострадавший получает серьезные ожоги. Вероятна фибрилляция желудочков

Некоторые аспекты современного здравоохранения провоцируют серьезные проблемы, связанные с обеспечением электрической безопасности пациентов. Более того, есть множество опасностей, уникальных именно для биомедицинской сферы, которые специалист должен отчетливо понимать. Сюда относятся высокочастотное излучение и электромагнитные волны, рентгеновские лучи, сильные магнитные поля, биорастворы и вредные вещества. Мы касаемся мер безопасности в данном разделе. Поговорим о базовой электрической безопасности. Помните, что пациент окружен и часто присоединен к приборам, которые работают от сети переменного тока 120 В. Прерыватели сети и плавкие предохранители этих приборов обычно рассчитаны на токи не менее 0,25А и призваны защищать сами устройства, а не пользователя. Нервные и мышечные ткани наиболее восприимчивы к удару током при частотах между 50 и 60 Гц.

Большинство мест, где ведется работа с пациентами, содержат различные жидкости: физиологические растворы (очень хороший проводник), растворы для внутривенного введения, человеческие отправления (моча, кровь, рвотные массы и т.д.), которые часто проливаются или протекают через электрическое оборудование. Эти жидкости часто образуют проводящую цепь, которая приводит пациента в контакт с источником электропитания.

Основной линией защиты тела против электрического тока является кожа. Сухой наружный покров тела - достаточно плохой проводник, но, пройдя через кожу ток обнаруживает электролитические жидкости, которые имеют малое сопротивление. Многие процедуры в больнице требуют проникновения через кожу. В дополнение к хирургическим, лечебные и физиотерапевтические процедуры, которые проводятся в палатах, также создают мостики через кожу: иглы для внутривенных инъекций, различные катетеры и дренажные трубки.

Диагностические приборы, такие, как кардиомониторы и мониторы для контроля кровяного давления, должны быть непосредственно подключены к пациенту.

Если неисправность прибора заставляет ток течь через пациента, то спасения нет. Не стоит забывать, что люди со слабым здоровьем часто более восприимчивы к поражению электрическим током и менее защищены от него.

Как вы помните из предыдущих глав, система распределения питания, которая используется в зданиях, имеет три провода в розетке: черный (фазный), белый (нейтральный) и зеленый (земля). Проводка в больницах и промышленных зданиях более сложная, но подаваемое для практических целей электропитание также представляет собой стандартную розетку, такую же, как в жилых домах.

Зеленый провод - это проводник для обеспечения безопасности, который должен быть хорошо заземлен.

Нейтральный подключен одним концом к трансформатору и также связан с землей.

Фазный подключен к другому выводу трансформатора и имеет потенциал 120 В переменного тока выше потенциала земли.

Задача зеленого провода - гарантировать, что металлические корпуса электрических устройств не могут иметь более высокого напряжения. Он всегда связан с шасси, корпусом или каркасом электрического прибора. Фазный и нейтральный провода должны быть изолированы от каркаса или шасси.

Если в приборе возникает неисправность и фазный провод образует контакт с шасси, ток потечет через безопасный провод заземления, а не через человека, который коснется прибора, как показано на рисунке 2.

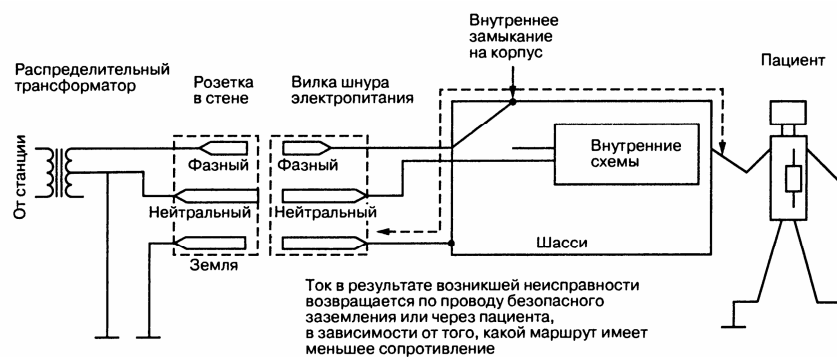


Рисунок 2 - Безопасное заземление оборудования

Одна из процедур, которую необходимо всегда выполнять с оборудованием, предназначенным для ухода за пациентом, это проверка сопротивления заземления, которая требует использования очень точного омметра для измерения сопротивления между третьим выводом (земля) розетки и шасси. Оно должно быть меньше 500 мОм (0,5 Ом). Для достаточно точного измерения сопротивления используется специальный омметр с четырьмя проводами (рисунок 3).

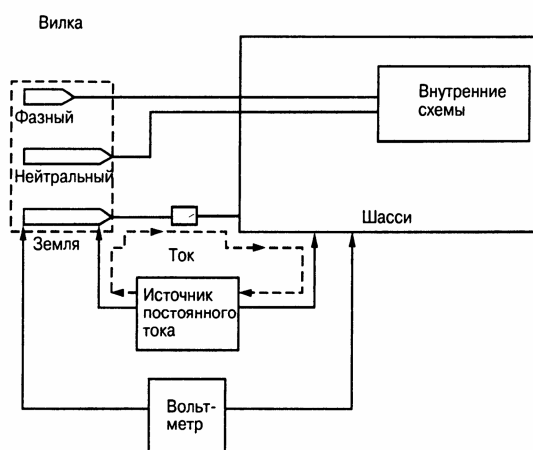


Рисунок 3- Проверка сопротивления заземления с использованием четырех проводов

Два провода создают известный ток в проводе заземления. Два других измеряют напряжение, которое возникает между концами провода, и по закону Ома, пропорционально сопротивлению.

Даже если неисправности не возникает, определенный ток все равно имеет место вследствие емкостного взаимодействия фазного провода и шасси. Если провод заземления поврежден, этот ток может пойти от фазного провода на шасси и через пациента на землю, что называется током утечки. Для проверки тока утечки необходимо разомкнуть провод заземления и измерить ток, который будет идти между человеком, касающимся шасси, и землей.

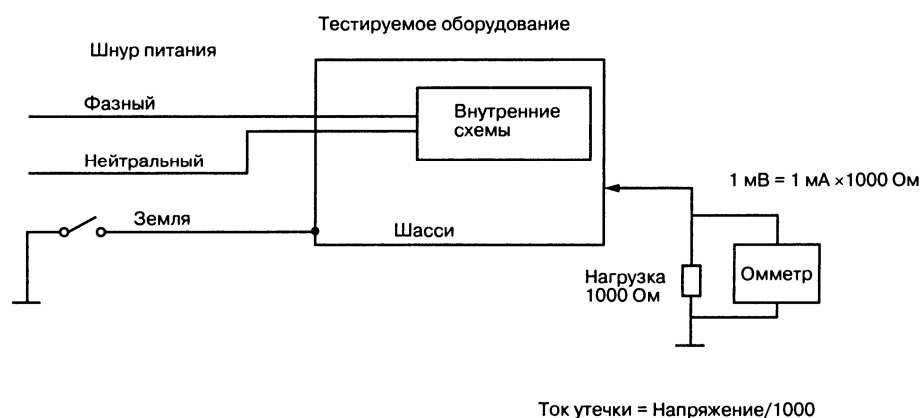


Рисунок 4 - Проверка тока утечки

Человека заменяет стандартная тестовая нагрузка, изготовленная из резисторов и конденсаторов, которая имеет импеданс 1000 Ом, как показано на рисунке 4. Вольтметр должен показывать меньше 100 мВ, что соответствует току менее 100 мА через «пациента».

Выполнив эти два основных теста обеспечения безопасности, специалист по биомедицинскому оборудованию может предотвратить неприятности даже в том случае, если возникнет неисправность оборудования. Если фазный провод замыкается на шасси, провод заземления защитит пациента и сработает предохранитель. Если провод заземления замыкается на кабель питания, нормальный ток утечки гарантирует, что это не причинит вреда. Для оборудования, которое проходит регулярную проверку в рамках общей программы ни один из таких дефектов не может остаться незамеченным, а вероятность возникновения обоих в одном устройстве практически равна нулю. На рисунке 5 показан тестер

электрической безопасности промышленного назначения, который выполняет эти и другие проверки. Обратите внимание, что проверяемый прибор включается в анализатор, и для измерения сопротивления провода заземления кабель подключен к шасси.

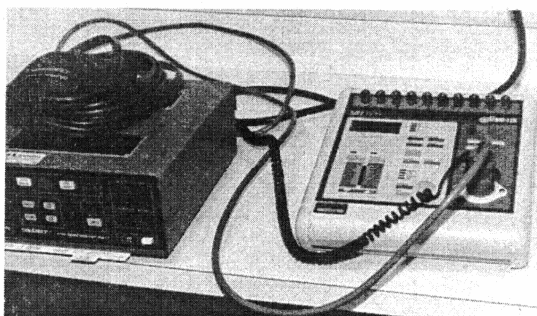


Рисунок 5 -Тестер электрической безопасности

Одной из основных причин, почему больницы стали нанимать технических специалистов для обслуживания своего оборудования, стала необходимость обеспечения безопасности пациентов. Объединенная комиссия по аккредитации госпиталей (JCAH) - руководящий орган, который устанавливает стандарты электрической безопасности и инспектирует госпитали для подтверждения того, что оборудование прошло проверку и ведется учет всех выполненных действий. Без этого подтверждения больницы не могут считаться организациями обеспечения медицинского страхования в рамках государственных программ. Хотя обеспечение программы безопасности все еще является важной функцией инженерного департамента больниц, роль технического специалиста в области здравоохранения распространилась на многие другие области, что обеспечило значительную экономию в сфере больничной индустрии.



## Список использованных источников

- 1 Неразрушающий контроль и диагностика : справочник / под ред. В.В.Клюева. – М. : Машиностроение, 2005. – 490 с.
- 2 Неразрушающий контроль металлов и изделий : справочник / под ред. Г.С. Самойловича. – М. : Машиностроение, 2004. – 456 с.
- 3 Политехнический словарь / гл. ред. И.И. Артоболевский. – М. : Советская энциклопедия, 2008. – 607 с.
- 4 РД 03-606–03. Инструкция по визуальному и измерительному контролю. – М. : Из-во государственного унитарного предприятия «Научно-технический центр по безопасности в промышленности Госгортехнадзора России», 2003. – 101 с.
- 5 Воронкин, Ю.Н. Методы профилактики и ремонта промышленного оборудования / Ю.Н. Воронкин, Н.В. Поздняков. – М. : Академия, 2002. – 240 с.
- 6 Кормильцин, Г.С. Основы монтажа и ремонта технологического оборудования / Г.С. Кормильцин, О.О. Иванов. – Тамбов : Изд-во ТГТУ, 2001. – 87 с.