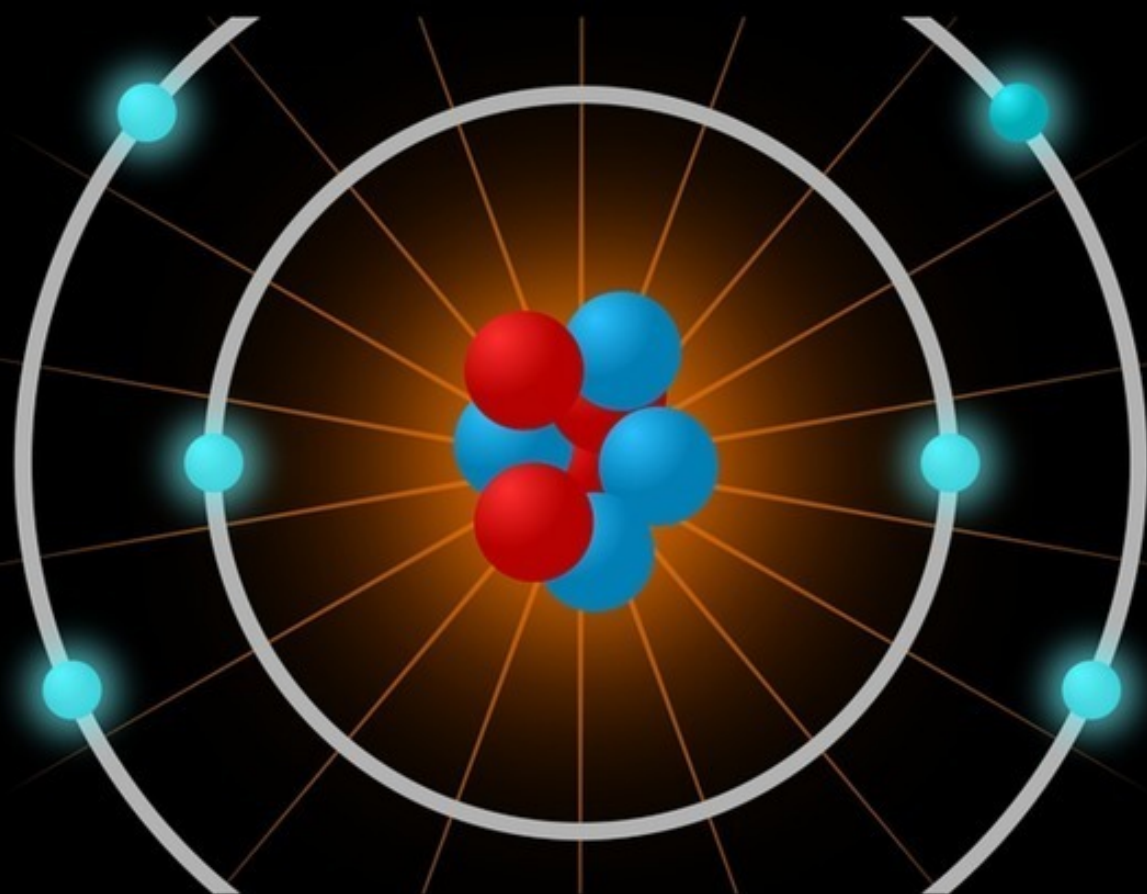


Владимир Ушаков



РАДИАЦИОННЫЕ ПРИБОРЫ

Эксплуатация

Владимир Ушаков

**Радиационные
приборы. Эксплуатация**

«Издательские решения»

Ушаков В.

Радиационные приборы. Эксплуатация / В. Ушаков —
«Издательские решения»,

ISBN 978-5-44-902309-4

В материале рассмотрены основы эксплуатации радиационных приборов, использующихся для решения задач обеспечения радиационной безопасности.

ISBN 978-5-44-902309-4

© Ушаков В.
© Издательские решения

Содержание

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ СОКРАЩЕНИЙ	6
ОСОБЕННОСТИ ЭКСПЛУАТАЦИИ РАДИАЦИОННЫХ ПРИБОРОВ	7
ОСНОВЫ ЭКСПЛУАТАЦИИ РАДИАЦИОННЫХ ПРИБОРОВ	10
ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ РАДИАЦИОННЫХ ПРИБОРОВ	10
ВЛИЯНИЕ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ НА ПРИБОРЫ	15
Конец ознакомительного фрагмента.	17

Радиационные приборы Эксплуатация

Владимир Ушаков

© Владимир Ушаков, 2018

ISBN 978-5-4490-2309-4

Создано в интеллектуальной издательской системе Ridero

В настоящем материале рассматриваются основы эксплуатации радиационных приборов, использующихся для решения задач обеспечения радиационной безопасности. Отдельно излагаются вопросы метрологического обеспечения измерения ионизирующих излучений, а также методы отбора и обработки радиоактивных проб.

Материал предназначен для специалистов в области обеспечения радиационной и ядерной безопасности.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ СОКРАЩЕНИЙ

ДМА – допустимая массовая активность;
ДОО – допустимая объемная активность;
ИИ – ионизирующее излучение;
ИИИ – источник ионизирующего излучения;
ЗИП – запасные части, инструмент и принадлежности;
ЛПА – ликвидация последствий аварии;
НРБ – нормы радиационной безопасности;
ОРБ – обеспечение радиационной безопасности;
ОСГИ – образцовый спектрометрический гамма-источник;
РБ – радиационная безопасность;
РВ – радиоактивное вещество;
РК – радиационный контроль;
РОО – радиационно-опасный объект;
РП – радиационный прибор;
РПД – радиоактивные продукты деления;
СЛП – средняя лабораторная проба;
ТЗ – техническое задание;
ТО – техническое обслуживание;
ТУ – технические условия;
УОА – удельная объемная активность;
УПА – удельная поверхностная активность;
ФЭУ – фотоэлектронный умножитель.

ОСОБЕННОСТИ ЭКСПЛУАТАЦИИ РАДИАЦИОННЫХ ПРИБОРОВ

Эксплуатация приборных средств обеспечения радиационной безопасности (РБ) – этап их жизненного цикла, включающий использование радиационных приборов (РП) для измерения физико-радиологических параметров ионизирующих излучений (ИИ), по которым оценивается степень радиационного воздействия и опасность этих излучений для человека и других биологических организмов, а также комплекс работ по поддержанию РП в постоянной готовности к применению. Этап эксплуатации начинается с момента передачи РП от предприятия-изготовителя той организации, в которой непосредственно должны эксплуатироваться приборы, а заканчивается списанием приборов (обычно по окончании гарантийного срока их работы).

Эксплуатация приборов для измерения ИИ производится в целях радиационного контроля – получения информации о радиационной обстановке и дозах облучения персонала при выполнении работ с радиационно-опасными объектами (РОО). Особую роль играют приборные средства радиационного контроля (РК) при эксплуатации и ликвидации последствий аварий (ЛПА) ряда радионуклидных объектов.

При РК используется определенный комплект технических средств, в который входят радиометрические, дозиметрические и спектрометрические приборы. Говоря об эксплуатации РП в целом, будут иметься в виду все их разновидности.

Эксплуатация измерительных приборов – комплексное понятие. Оно включает в себя не только непосредственное использование приборов для выполнения каких-либо измерений и получения определенной количественной информации об измеряемых величинах, но и ряд мероприятий по обеспечению работоспособности этих приборов, по их поддержанию в исправном техническом состоянии и постоянной готовности к использованию по назначению, по приведению метрологических параметров приборов в соответствие с паспортными характеристиками.

В число таких мероприятий входят: проверка работоспособности, техническое обслуживание (ТО), поверка приборов (включая при необходимости калибровку и градуировку), их ремонт, хранение, транспортирование.

Все мероприятия должны проводиться в соответствии с определенными эксплуатационными правилами, выработанными на базе теории и практики. Только при правильной эксплуатации приборы дают достоверные показания, всегда готовы к работе и сохраняют работоспособность в течение длительного времени. Статистика показывает, что до 20 – 25% неисправностей измерительных приборов возникает из-за их неграмотной эксплуатации. Практический опыт свидетельствует о том, что ошибочные результаты измерений получались вследствие использования РП в тех условиях, когда данный тип прибора неприменим, или по незнанию особенностей метрологического обеспечения измерений.

Основу эксплуатации приборов составляет их применение по целевому предназначению. Обычно используется типовая последовательность операций при работе с прибором: подготовка к работе, включение, проверка и регулировка режима работы, проверка работоспособности, выполнение рабочих измерений, снятие показаний, обработка результатов измерений.

Подготовка к работе включает в себя контрольный осмотр внешнего вида, проверку целостности конструктивных элементов, особенно – исправность органов управления и электрических разъемов, установку источников электропитания в переносные приборы и их подключение, другие операции. Например, на этой стадии при необходимости произ-

водится сборка схемы соединений отдельных блоков прибора между собой, подключение стационарных приборов к сети переменного тока, установка переносных ремней портативных приборов, которые при работе должны размещаться на груди оператора, и т. п.

Включение прибора обычно производится с помощью переключателя рода работы при переводе его из положения «ВЫКЛ» в положение «ВКЛ». В этих же целях в ряде приборов используются специальные тумблеры или кнопки. О включении прибора в работу может свидетельствовать загорание светового индикатора (обычно зеленого цвета).

Проверка и регулировка режима работы включает в себя контроль напряжения электропитания и его подстройку до требуемого значения. В случае разрядки, например – элементов питания, производится их замена. Регулировка режима работы может предусматривать выполнение ряда дополнительных настроечных операций. Так, в измерителях дозы ИИ типа ИМД-21 (ДП-23) при настройке прибора производится операция «установки шкалы», когда стрелка вольтметра выводится на крайнюю правую отметку шкалы прибора. В приборах типа ДК-02 перед началом измерений указатель дозы совмещается с нулевой отметкой шкалы.

Нередко в переносных РП, предназначенных для полевых измерений, предусматривается операция проверки работоспособности прибора от контрольного радионуклидного источника ИИ (ИИИ), который или встраивается в прибор, или отдельно прилагается к нему, включается в комплект прибора. Такая проверка позволяет убедиться в работоспособности всего измерительного тракта прибора, включая детектор ИИ. В ряде случаев применяется проверка работоспособности лишь части прибора, например только электрических цепей преобразования сигналов. Для этого используются встроенные импульсные генераторы, имитирующие работу детекторной части прибора (например, такой прием использован в приборах типа ИМД-21, ДП-3Б).

Выполнение рабочих измерений имеет свою специфику. При измерении малых активностей и связанных с ними величин необходимо устанавливать определенное время замеров (экспозиции), учитывать влияние естественного радиационного фона, наличие сопутствующих ИИ. Измерения должны начинаться при установке сначала наиболее грубых поддиапазонов работы с последующим переключением прибора на более чувствительные показания, пока не будут соответствовать примерно середине шкалы поддиапазона.

Снятие (считывание) показаний прибора определяется конструкцией использованных средств отображения информации. Чаще всего это стрелочный электроизмерительный прибор или цифровое устройство, собранное, например, на кристаллических знаковых индикаторах. Результат измерения определяется произведением показаний по шкале прибора на множитель, соответствующий установленному поддиапазону работы.

Обработка результатов измерений нередко тоже является необходимой операцией при эксплуатации РП. Даже при выполнении простейших радиометрических измерений приходится производить вычитание радиационного фона. Для определения эквивалентной или эффективной дозы излучения необходимо вводить весовые множители, учитывающие вид ИИ, их энергию и локализацию облучения (вид облучаемых органов или тканей). Наиболее сложной является обработка энергетических спектрограмм в целях идентификации радионуклидного состава ИИИ. Для решения этой задачи используются автоматизированные методы обработки информации с использованием анализаторов спектра и средств электронно-вычислительной техники. В ходе обработки результатов измерений производится оценка их точности.

Таким образом, эксплуатация РП характеризуется рядом особенностей по сравнению с использованием обычных электроизмерительных приборов. Из таких особенностей можно выделить следующие:

1. Сфера применения – измерение ИИ, когда сам объект измерения может представлять опасность для оператора и необходимо предпринимать меры по обеспечению его РБ, особенно при проведении измерений с открытыми источниками. Дозиметрический контроль с использованием индивидуальных дозиметров – одно из основных правил по обеспечению радиационной безопасности (ОРБ) персонала, работающего с ИИИ.

2. Необходимость установки определенной экспозиции замеров, которая бы обеспечила заданную точность измерений. Для определения такой экспозиции нужно иметь хотя бы ориентировочные данные об ожидаемых значениях измеряемых величин. Тогда при заданной погрешности измерений и известном уровне радиационного фона необходимая величина экспозиции текущего и «живого» времени определяется по известным методикам.

3. Влияние на результаты измерения ИИ естественного радиационного фона. Как постоянная составляющая, фон включается в результат любого измерения, и для получения истинных данных из показаний прибора его надо исключать. Поскольку фон подвержен вариациям, его приходится контролировать с заданной периодичностью (проводить дополнительные измерения). Отрицательно сказывается влияние фона и на точности измерений. Например, когда значение измеряемой величины соизмеримо с уровнем фона, среднеквадратическая погрешность результатов измерений увеличивается примерно на 40%. Для снижения влияния фона приходится использовать или схемные, или конструкционные меры защиты, причем масса такой защиты может достигать до десятков тонн.

4. Для измерения спектральных распределений ионизирующих частиц (квантов) по энергии, массе или другим параметрам необходимо использовать достаточно сложную импульсную технику, отвечающую уровню требований к самым современным электронным приборам. В спектрометрах уже нередко используются многоканальные анализаторы импульсов, в которых число каналов измеряется тысячами. При построении таких приборов широко используются большие интегральные схемы, микропроцессоры и другие подобные элементы.

5. Эксплуатационной особенностью РП является использование в них детекторов ИИ, требующих для своей работы высокого напряжения. Для работы сцинтилляционных детекторов с фотоэлектронными умножителями (ФЭУ) требуются напряжения порядка 1 – 2 кВ, для газоразрядных счетчиков – порядка 400 – 1000 В, для ионизационных камер и полупроводниковых детекторов – порядка сотен вольт. Таким образом, при эксплуатации РП необходимо учитывать и их потенциальную электроопасность.

6. В ряде случаев измерениям ИИ должны предшествовать вспомогательные операции по отбору радиоактивных проб и их обработке; наиболее часто с подобной ситуацией приходится сталкиваться при измерении удельной объемной активности (УОА) воздуха и воды, поскольку контролируемые величины оказываются ниже порога чувствительности приборов.

Из других особенностей эксплуатации РП можно отметить трудности, связанные с обеспечением работы спектрометрических германиевых детекторов ИИ, требующих низких температур (чаще всего они работают в атмосфере жидкого азота). Для питания ФЭУ требуется стабилизированное напряжение. Для измерения ионизационных токов должны использоваться специальные измерители слабых токов, которые строятся по особым схемам.

Указанные особенности обуславливают эксплуатационную специфику при измерении ИИ. Свои особенности имеют и операции по калибровке, градуировке, поверке РП, по условиям их хранения, ремонта, транспортирования. Рассмотрению этих особенностей и посвящен данный материал.

ОСНОВЫ ЭКСПЛУАТАЦИИ РАДИАЦИОННЫХ ПРИБОРОВ

ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ РАДИАЦИОННЫХ ПРИБОРОВ

Эксплуатационные характеристики измерительных приборов – совокупность технических параметров, позволяющих судить о применимости приборов и удобстве работы с ними в различных условиях эксплуатации.

В число этих параметров входят величины, определяющие допустимые внешние воздействия, характеристики качества изготовления прибора (его надежность, приспособленность к ремонту, гарантийный срок использования), удобство выполнения измерений и т. п.

Рабочие условия эксплуатации

Правила эксплуатации измерительных приборов требуют, чтобы они использовались только в регламентированных условиях окружающей среды и только при допустимых уровнях других неблагоприятных воздействий, т.е. лишь в определенных условиях эксплуатации. Выполнение этих требований обеспечивает паспортную точность измерений и стабильную работу прибора в течение всего гарантийного срока его использования.

По природе и характеру внешние факторы, влияющие на работу прибора, можно разделить на четыре основные группы: климатические, механические, электромагнитные и радиационные.

К климатическим относятся факторы, являющиеся климатическими показателями состояния воздушной среды: температура воздуха, влажность и атмосферное давление. В эту же группу включаются такие природные факторы, как дождь, снег, роса, иней, а также загрязненность, запыленность воздуха, содержание в нем микроорганизмов, грибов и т. п.

К механическим факторам относятся транспортная тряска и вибрации, удары при падении и др.; к электромагнитным – внешние электростатические и магнитные поля; к радиационным – ИИ. На приборы воздействует не только окружающая среда, но и тот микроклимат, который они сами создают при работе. Отдельную подгруппу составляют факторы, связанные с обеспечением электропитания прибора от внешних источников.

Влияние внешних условий на работу прибора характеризуют величинами *дополнительных* погрешностей – изменениями показаний прибора, возникающими при отклонении одного из влияющих факторов от нормального значения или выходе из нормальной области значений. Например, дополнительную температурную погрешность указывают на каждые 10 °С изменения температуры (как правило, она не должна превосходить половины основной погрешности прибора).

Совокупность характеристик внешней среды, в которой должен находиться прибор как во время работы, так и в выключенном состоянии, а также необходимых параметров электропитания прибора называют рабочими условиями его эксплуатации. Рабочие условия эксплуатации определяются диапазоном величин, характеризующих внешние воздействия, для которых нормируется дополнительная погрешность прибора или гарантируется сохранение характеристик в пределах норм, указанных для нормальных условий. Только в этих условиях приборы могут выполнять свои функции измерительных устройств.

Чаще всего РП, используемые для ОРБ, эксплуатируются в полевых условиях (вне помещений) или в закрытых отапливаемых помещениях. В ряде случаев, например при

проведении радиационной разведки, приборы эксплуатируются в условиях размещения на транспортных средствах.

Приборы, эксплуатируемые в закрытых отапливаемых помещениях, защищены от влияния низкой температуры и непосредственного воздействия пыли и воды (дождя, брызг, инея), а также от механических воздействий. Однако при транспортировке и переноске они могут подвергаться ударам и вибрациям. Кроме того, в небольших помещениях температура окружающей среды может повышаться из-за выделения тепла самими приборами.

Приборы, эксплуатируемые в полевых условиях, подвержены комплексу климатических воздействий. Это пониженная и повышенная температура окружающей среды, прямое воздействие воды (дождя, инея, росы) и воздуха с повышенной влажностью. Приборы этой группы подвергаются также большим механическим воздействиям, но, как правило, при транспортировке, т.е. в нерабочем состоянии.

Условия эксплуатации приборов, размещаемых на транспортных средствах (автомобили, вертолеты, самолеты, корабли и т.п.), характеризуются повышенными механическими воздействиями, причем как в выключенном, так и во включенном состоянии.

Внешние воздействия заметно усложняются в районах с тропическим климатом, где на приборы может длительное время действовать повышенная температура, а влажность воздуха достигать до 100%. В таких условиях активнее протекают процессы образования грибов, плесени и микроорганизмов как на внешней поверхности приборов, так и внутри них.

При предполагаемом применении измерительных приборов необходимо, прежде всего, проконтролировать соответствие конкретных условий окружающей среды, в которых должны производиться измерения, возможностям прибора по рабочим, допустимым условиям его эксплуатации. Паспортные данные о рабочих условиях эксплуатации являются первой эксплуатационной характеристикой прибора. Именно они определяют допустимость использования прибора в конкретных условиях окружающей среды.

Надежность приборов

Второй важнейшей эксплуатационной характеристикой приборов является их надежность. Надежность прибора – свойство (способность) выполнять заданные измерительные функции в определенных условиях эксплуатации в течение установленного времени. Другими словами, за это установленное время изменения метрологических параметров прибора или не должны происходить вовсе, или не выходить за допустимые пределы, регламентированные технической документацией: техническим заданием (ТЗ) или техническими условиями (ТУ).

Надежность – комплексное понятие и, в зависимости от условий эксплуатации приборов и предъявляемых к ним требований, может включать в себя безотказность, долговечность, сохраняемость и ремонтпригодность.

Безотказность – основная из характеристик надежности прибора, свойство сохранять состояние работоспособности без вынужденных перерывов (простоев) в работе в заданных условиях эксплуатации. Прибор считается работоспособным, если в данный момент времени он позволяет производить весь предусмотренный технической документацией комплекс измерений с заданной точностью.

Состояние, в котором прибор не удовлетворяет хотя бы одному из зафиксированных в документации требований, считается его неисправностью. Неисправности, приводящие прибор в неработоспособное состояние, называются *отказами*. Таким образом, не все неисправности (например, дефекты окраски, люфт органов регулирования и т.п.) являются отказами. Подобные неисправности часто называют *дефектами*.

Эксплуатационную надежность приборов по критерию безотказности принято характеризовать рядом статистических параметров, основными из которых являются вероятность безотказной работы и средняя наработка до отказа.

Исходной величиной для определения этих параметров является распределение плотности вероятности отказов во времени. Это распределение находится по данным опытной длительной эксплуатации достаточно больших партий одинаковых приборов, в ходе которой определяются моменты выхода их из строя. Если в первый момент времени обычно работоспособны все 100% приборов, то через какое-то время (оно может быть и сколь угодно большим) все приборы выйдут из строя. Вероятность безотказной работы прибора определяется как возможность того, что его отказ наступит только по истечении заданного времени.

Второй показатель безотказности – *средняя наработка до отказа* – определяется величиной математического ожидания времени до появления первого отказа прибора.

Этот показатель называют также средним сроком службы прибора.

В период нормальной эксплуатации средняя частота отказов равна интенсивности отказов.

Долговечность характеризует общий срок эксплуатации прибора. Под долговечностью прибора понимается его свойство сохранять работоспособность при установленной системе ТО и ремонтов до наступления предельного состояния, когда дальнейшая эксплуатация прибора должна быть прекращена. Предельное состояние наступает тогда, когда установленная система ТО и ремонтов не обеспечивает поддержание метрологических параметров на требуемом уровне. Причиной наступления предельного состояния могут быть неустраняемые нарушения требований безопасности, уход метрологических параметров за допустимые пределы, резкое снижение эффективности эксплуатации. Долговечность количественно оценивается техническим ресурсом, который оговаривается в технической документации. Ресурс может выражаться в годах, часах, числе включений и т. д. Различают следующие разновидности ресурса: полный, доремонтный (до капитального или среднего ремонта), использованный, остаточный.

Фактическая календарная продолжительность эксплуатации прибора до физического, морального износа или до списания называется сроком его службы. Практический срок службы обычно меньше долговечности прибора. Физический износ возникает из-за нарушения правил эксплуатации прибора, необратимом выходе из строя его элементов и т. п. Моральный износ определяется техническим прогрессом, появлением новых, более современных элементов, изделий и приборов в целом. Для аппаратуры, измеряющей ИИ, период морального износа не превышает десяти лет.

Сохраняемость – свойство прибора сохранять исправное и работоспособное состояние в течение (и после) срока хранения и транспортирования, установленного в технической документации.

В качестве показателей сохранности применяются: вероятность безотказного хранения в течение заданного времени, интенсивность отказов при хранении и среднее время безотказного хранения прибора. Наиболее часто пользуются таким показателем, как среднее время безотказного хранения. Это показатель для приборов, которые при хранении не подвергаются профилактическим мероприятиям.

Ремонтопригодность — свойство прибора, заключающееся в его приспособленности к предупреждению, отысканию и устранению причин и последствий отказов путем проведения ТО и ремонта. Ремонтопригодность прибора характеризуется затратами труда, времени и средств на поддержание и восстановление его работоспособности.

Для обеспечения требуемого уровня ремонтопригодности и облегчения ремонта используются специальные конструкционные и организационные меры:

- блоки и узлы приборов выполняются взаимозаменяемыми; при этом объем дополнительных регулировок должен быть, по возможности, минимальным;
- заранее облегчается возможность доступа к элементам, деталям и узлам, имеющим наибольшую вероятность выхода из строя (наибольшую интенсивность отказов); для настройки и проверки исправности прибора после ремонта используется стандартная измерительная аппаратура или устройства, входящие в состав прибора;
- выделяются и маркируются контрольные точки электрической схемы, позволяющие проверить работоспособность отдельных узлов и частей прибора;
- в состав прибора включаются контрольные ИИИ для проверки работоспособности прибора вместе с детекторным блоком или генераторы импульсных сигналов для проверки исправности электрических цепей прибора (полностью или части);
- опознавательные надписи узлов прибора и обозначение элементов при его монтаже выполняются такими же, как на принципиальной электрической схеме;
- на выдвижных блоках прибора предусматриваются ручки, облегчающие извлечение блоков из кожуха;
- в комплект прибора включаются соединительные кабели такой длины, которая бы позволяла работать с отдельными блоками, извлеченными из общей стойки (кожуха) прибора;
- для ремонта в комплект поставки входит запасное имущество (ЗИП);
- в инструкции по эксплуатации прибора указывается перечень типовых неисправностей и методов их устранения и другие подобные меры.

Основным показателем ремонтпригодности прибора является время, требующееся для восстановления его работоспособности. Оно называется *временем восстановления*. Время восстановления складывается из времени, затрачиваемого на поиск отказавшего элемента, времени простоя, чаще всего связанного с отсутствием требующихся запасных деталей, и непосредственного времени ремонта (обычно идущего на замену отказавшего элемента исправным). Основные затраты времени идут на поиск неисправностей. Зависят как от квалификации ремонтного персонала, так и от ремонтпригодности прибора.

Обобщенным оперативным показателем, учитывающим время восстановления и время наработки до отказа, является коэффициент готовности.

Коэффициент готовности – вероятностный показатель того, что в произвольный момент времени прибор будет находиться в исправном состоянии и будет готов к использованию для измерений.

Гарантийный срок эксплуатации

С понятием надежности прибора тесно связан гарантийный срок эксплуатации. *Гарантийный срок* – время, в течение которого предприятие-изготовитель гарантирует с определенной вероятностью исправную, безотказную работу с сохранением всех технических параметров и характеристик, оговоренных в ТУ. При этом предполагается, что потребитель обеспечивает надлежащую эксплуатацию приборов в соответствии с инструкцией. Если, например, гарантийная вероятность равна 0,8 в течение 500 ч, то это значит, что в среднем 80% приборов (из большого их числа) будут исправно работать не менее 500 часов. Если в течение гарантийного срока прибор все же выйдет из строя, то предприятие-поставщик обязано в короткий срок безвозмездно устранить выявленные дефекты или заменить прибор новым.

На РП установлен минимальный гарантийный срок 12 месяцев. Естественно, с повышением надежности и улучшением качества приборов гарантийный срок увеличивается.

Иногда гарантийный срок выражается не как период времени с момента выпуска прибора заводом, а как гарантированная длительность непрерывной работы (например, гарантийный срок службы прибора 5000 ч).

Гарантийный срок должен определять не время гарантированного бесплатного ремонта, а длительность непрерывной работы (т.е. является характеристикой надежности и качества изделия).

ВЛИЯНИЕ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ НА ПРИБОРЫ

Эксплуатация РП в условиях, параметры которых выходят за допустимые границы, приводит к изменению их технических характеристик (прежде всего, к ухудшению точности) и может явиться причиной полной утраты работоспособности. В зависимости от степени внешних воздействий эти изменения могут носить обратимый временный или необратимый накапливающийся характер. Под действием климатических факторов обычно изменяются электрические параметры элементов электроники. Повышенные механические воздействия могут приводить к нарушению контактов в электрических разъемах, отрыву припаянных элементов, разрушению деталей и конструкции прибора в целом.

Воздействие температуры связано с изменением электрических параметров и характеристик узлов и деталей прибора: конденсаторов, резисторов, переключателей, детекторов излучений, источников питания и др. С изменением температуры меняются электрическое сопротивление резисторов, диэлектрическая проницаемость и емкость конденсаторов, индуктивно-емкостные связи, электропроводимость, прочность материалов и т. п. В результате этих изменений может нарушиться требуемый режим работы электрических узлов и нормальное функционирование прибора. Кроме того, изменение температуры окружающей среды может привести к изменению размеров деталей; из-за различного коэффициента теплового расширения конструкционных материалов или неравномерного нагрева происходит деформация узлов и деталей, их взаимное смещение, что может привести к заклиниванию подвижных частей, их поломка и другим дефектам. Резкие колебания температуры способствуют появлению микротрещин, которые, в свою очередь, изменяют проводимость материала, снижают его защитные свойства.

Особенно чувствительна к температурным перепадам в РП хрупкая конструкция узла сопряжения сцинтиллятора со световодом и ФЭУ в сцинтилляционных детекторах ИИ. Очень сильно зависят от температуры свойства полупроводниковых детекторов, изготовленных на основе германия. Прямо пропорциональна температуре величина электрического тока в ионизационных камерах.

Воздействие на РП больших перепадов атмосферного давления и связанное с этим изменение плотности воздуха проявляется в снижении устойчивости аппаратуры к электрическому пробое, а также ухудшает отвод тепла от сильноточных элементов приборов. Повышенное или пониженное атмосферное давления может привести к деформации, а иногда и к выходу из строя таких элементов, как, например, тонкостенные газоразрядные счетчики. Появление в воздухе твердых частиц пыли и дыма повышает трение в движущихся деталях, изменяет сопротивление изоляции. Загрязненность воздуха химически активными веществами приводит к дефектам в защитных покрытиях приборов.

К большим изменениям может привести повышенная влажность воздуха, из-за которой на поверхности деталей образуется тонкая пленка влаги, заполняющая поры и трещины деталей. Вода хорошо проводит электрический ток, поэтому образование влажной пленки заметно ухудшает изоляционные свойства материалов, понижает их электрическое сопротивление, повышает токи утечки, а в высоковольтных цепях вызывает искрение и пробои. Гигроскопичные вещества (картон, некоторые пластмассы и кристаллы) в условиях повышенной влажности поглощают воду, разбухают и перестают выполнять свои функции в приборе. Как и под действием тепла, меняются параметры конденсаторов, резисторов, катушек индуктивности и трансформаторов, паразитные монтажные емкости и т. п.

Вода – активное химическое вещество, интенсивно вступающее во взаимодействие со многими материалами, образуя водные растворы солей, кислот, щелочей и других химических соединений. При реакциях с химическими веществами, находящимися в воздухе,

вода образует среду для интенсивной электролитической диссоциации. Кроме обычной коррозии материалов, из которых изготовлены детали, в приборах из-за неизбежного наличия электрических полей возникает электролитическая коррозия. Пленка воды с растворенными в ней солями и кислотами разрушает сначала поверхностные покрытия, а затем проникает в глубь материалов. Поэтому воздействие на приборы загрязненного влажного воздуха создает условия для особенно быстрого их разрушения.

Для уменьшения влияния данных факторов производится герметизация внутренних объемов приборов, между разъемными частями устанавливаются уплотняющие резиновые прокладки, внутренние полости заливаются специальными составами (компаундами), наружные поверхности покрываются лаками и пленками металлов. Иногда во внутренние полости вводятся патроны с влагопоглотителем (например, на основе силикагеля).

Воздействию микроорганизмов, грибов, плесени в наибольшей степени подвержены детали, изготовленные из органических материалов. Сильное загрязнение ими деталей приводит к ухудшению изоляции; длительное воздействие может привести к разрушению материалов.

Механические воздействия, например вибрации и удары, вызывают в конструкции динамические нагрузки, напряжения и деформации. В результате этого теряется жесткость сопряжения деталей, ослабляется их крепление, возможно разрушение. Особенно опасны случаи, когда резонансная частота колебаний какой-либо части или прибора в целом находится в пределах спектра частот воздействующих сил: при этом перегрузки могут возрастать в десятки раз.

Электрические и магнитные поля сильнее всего воздействуют на элементы приборов, имеющих электронную фокусировку (например, на ФЭУ, дисплеи, осциллографические трубки), а также на стрелочные электромагнитные приборы. Под действием этих полей в цепях прибора могут возникать помехи и наводки, приводящие к сбою в работе, выдаче ложных сигналов и т. п.

Воздействие на приборы ИИ проявляется в изменении свойств материалов, в том числе материалов, из которых изготавливаются элементы электроники. Наиболее уязвимы к действию радиации полупроводниковые элементы (транзисторы, интегральные схемы, микропроцессоры и др.), параметры которых очень критичны к небольшим изменениям в структуре или составе полупроводниковых материалов. Сильнее всего на работу полупроводниковых приборов влияет нейтронное излучение, обладающее высокой проникающей и ионизирующей способностью. При соударении нейтронов с атомами кристаллической решетки полупроводника атомы смещаются, образуются новые центры рекомбинации носителей тока, что отрицательно сказывается на общих процессах формирования и переноса электрических зарядов. Величина тока уменьшается, параметры приборов ухудшаются и тем заметнее, чем больше поглощенная доза ИИ. При определенной дозе происходит полная утрата работоспособности прибора, потеря его радиационной стойкости.

Конец ознакомительного фрагмента.

Текст предоставлен ООО «ЛитРес».

Прочитайте эту книгу целиком, [купив полную легальную версию](#) на ЛитРес.

Безопасно оплатить книгу можно банковской картой Visa, MasterCard, Maestro, со счета мобильного телефона, с платежного терминала, в салоне МТС или Связной, через PayPal, WebMoney, Яндекс.Деньги, QIWI Кошелек, бонусными картами или другим удобным Вам способом.