**ГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ**

**ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ**

### ДОНЕЦКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

**ФАКУЛЬТЕТ ИНЖЕНЕРНОЙ МЕХАНИКИ И МАШИНОСТРОЕНИЯ**

**КАФЕДРА УПРАВЛЕНИЯ КАЧЕСТВОМ**

# КОНСПЕКТ ЛЕКЦИЙ

по учебной дисциплине профессионального цикла вариативной части

ГОС ВПО по направлению подготовки бакалавра

##### 27.03.02 «Управление качеством»,

##### профиль

##### «Управление качеством, стандартизация, метрология, сертификация»

**МЕТРОЛОГИЧЕСКАЯ ПОВЕРКА сит**

**В ОТРАСЛЯХ ПРОМЫШЛЕННОСТИ**

Донецк, 2016

**ГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ**

**ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ**

### ДОНЕЦКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

**ФАКУЛЬТЕТ ИНЖЕНЕРНОЙ МЕХАНИКИ И МАШИНОСТРОЕНИЯ**

**КАФЕДРА УПРАВЛЕНИЯ КАЧЕСТВОМ**

# КОНСПЕКТ ЛЕКЦИЙ

по учебной дисциплине профессионального цикла вариативной части

ГОС ВПО по направлению подготовки бакалавра

##### 27.03.02 «Управление качеством»,

##### профиль

##### «Управление качеством, стандартизация, метрология, сертификация»

**МЕТРОЛОГИЧЕСКАЯ ПОВЕРКА СИТ**

**В ОТРАСЛЯХ ПРОМЫШЛЕННОСТИ**

Рассмотрено:

на заседании кафедры

Управление качеством

Протокол № от 2016г.

Утверждено:

на заседании учебно-издательского

совета ДонНТУ

Протокол № от 2016

Донецк, 2016

УДК- 621.317.7

Конспект лекций по дисциплине профессионального цикла вариативной частиГОС ВПО по направлению подготовки бакалавра 27.03.02 «Управление качеством», профиль ***«***Управление качеством, стандартизация, метрология, сертификация». Сост. Н.И. Цеценова, А.А. Истрати, О.Е. Сокольникова – Донецк: ДонНТУ, 2016 - …. с.

Конспект лекций содержит теоретический материал в соответствии с требованиями профессионально-образовательной программы по направлению подготовки бакалавра 27.03.02 «Управление качеством», дисциплины «Метрологическая поверка СИТ в отраслях промышленности»

Составитель:

Н.И. Цеценова, ст. преподаватель

А.А. Истрати, ассистент

О.Е. Сокольникова, инженер

Ответственный за выпуск:

Рецензент:

**СОДЕРЖАНИЕ**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Общие положения дисциплины «Основы технического регулирования» | |  |
| Вступление | | 5 |
| 1 | Цель и задачи курса |  |
| 2 | МЕТРОЛОГИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ (МО) |  |
| 3 | [Государственная система обеспечения единства измерений](http://www.razlib.ru/nauchnaja_literatura_prochee/vsyo_o_metrologii/p2.php#metkadoc3) |  |
| 4 | Цели, задачи и содержание МО |  |
| 5 | Система эталонов единиц ФВ |  |
| 6 | МЕТРОЛОГИЧЕСКИЙ НАДЗОР ЗА СРЕДСТВАМИ ИЗМЕРЕНИЙ |  |
| 7 | Государственные и отраслевые поверочные схемы |  |
| 8 | Виды поверок и способы их выполнения |  |
| 9 | Достоверность поверки |  |
| 10 | Определение объема поверочных работ |  |
| 11 | Определение объема поверочных работ |  |
| 12 | СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ И КОНТРОЛЯ |  |
| 13 | Назначение измерений и контроля параметров технических устройств |  |
| 14 | Метрологическое обеспечение при разработке, производстве и эксплуатации технических устройств |  |
| 15 | Поверка, ревизия и экспертиза средств измерений |  |
| 16 | Государственные испытания средств измерений |  |
| 17 | СИСТЕМА ЭКСПЛУАТАЦИИ И РЕМОНТА ИЗМЕРИТЕЛЬНОЙ ТЕХНИКИ |  |
| 18 | Назначение и содержание работ по эксплуатации |  |
| 19 | Применение средств измерений и контроля |  |
| 20 | Техническое обслуживание средств измерений и контроля |  |
| Список рекомендуемой литературы | |  |

**МЕТРОЛОГИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ (МО)**

Только тот, кто планирует, и может организовывать

**Государственная система обеспечения единства измерений**

Решение важнейших научно-технических задач, в том числе проблемы обеспечения качества продукции, в значительной степени зависит от достижения единства и достоверности измерений.

В первой части данного пособия отмечалось, что единство измерений — состояние измерительного процесса, при котором результаты всех измерений выражаются в одних и тех же узаконенных единицах измерения и оценка их точности обеспечивается с гарантированной доверительной вероятностью. В применявшихся до недавнего времени сравнительно простых методах измерений погрешность результатов измерений почти полностью определялась погрешностями средств измерений. Поэтому для достижения единства измерений было достаточно обеспечить *единообразие средств измерений*, т.е. такое состояние средств измерений, когда они проградуированы в узаконенных единицах измерений, а их метрологические свойства соответствуют нормам.

Существуют принципы обеспечения единства измерений, к основным из которых относятся:

• применение только узаконенных единиц физических величин (ФВ);

• воспроизведение ФВ с помощью государственных эталонов;

• применение узаконенных средств измерений, которые прошли государственные испытания и которым переданы размеры единиц ФВ от государственных эталонов;

• обязательный периодический контроль через установленные промежутки времени характеристик применяемых средств измерений;

• гарантия обеспечения необходимой точности измерений при использовании поверенных средств измерений и аттестованных методик выполнения измерений;

• использование результатов измерений только при условии оценки их погрешности с заданной вероятностью;

• систематический контроль за соблюдением метрологических правил и норм, государственный надзор и ведомственный контроль за средствами измерений.

Для реализации этих принципов созданы необходимые научная, техническая и организационная основы.

**Цели, задачи и содержание МО**

Из необходимости обеспечения единства и требуемой точности измерений формулируются задачи МО всех видов метрологической деятельности на общегосударственном и ведомственном уровнях.

К *основным задачам МО* на предприятиях относятся [6]:

• проведение анализа состояния измерений, разработка и осуществление мероприятий по совершенствованию МО на предприятии;

• установление рациональной номенклатуры измеряемых параметров и оптимальных норм точности измерений, внедрение современных методик выполнения измерений, испытаний и контроля;

• внедрение стандартов, регламентирующих нормы точности измерений;

• проведение метрологической экспертизы нормативно-технической, конструкторской и технологической документации;

• поверка и метрологическая аттестация средств измерений (СИ);

• контроль за производством, состоянием, применением и ремонтом СИ.

Ответственность за состояние и применение средств измерений на предприятиях несут инженеры, эксплуатирующие эти средства, а на предприятии (в организации) — руководитель предприятия (организации).

**Система эталонов единиц ФВ**

Единство измерений достигается точным воспроизведением, хранением установленных единиц ФВ и передачей их размеров всем рабочим средствам измерений (РСИ) с помощью эталонов и образцовых средств измерений. Высшим звеном в метрологической цепи передачи размеров единиц измерений являются *эталоны*. Создание, хранение и применение эталонов, контроль за их состоянием подчиняются единым правилам, установленным ГОСТ “ГСИ. Эталоны единиц физических величин. Основные положения” и ГОСТ “ГСИ. Эталоны единиц физических величин. Порядок разработки, утверждения, регистрации, хранения и применения” [5].

*Эталон единицы –*средство измерений (или комплекс средств измерений), обеспечивающее воспроизведение и хранение единицы с целью передачи ее размера нижестоящим по поверочной схеме средствам измерений, выполненное по особой спецификации и официально утвержденное в установленном порядке в качестве эталона.

Воспроизведение единиц в зависимости от технико-экономических требований производится двумя способами.

*Первый способ* – централизованный – с помощью единого для всей страны или группы стран государственного эталона. Централизовано воспроизводятся все основные единицы *SI* и большая часть производных.

*Второй способ* воспроизведения – децентрализованный — применим к производным единицам, размер которых не может передаваться прямым сравнением с эталоном и обеспечивать необходимую точность (например, единица площади – квадратный метр).

Эталоны по подчиненности подразделяют на первичные (исходные) и вторичные (подчиненные) и имеют следующую классификацию:

*Первичные эталоны* воспроизводят и хранят единицы и передают их размеры с наивысшей точностью, достижимой в данной области измерений. Первичные эталоны в зависимости от условий воспроизведения единицы могут иметь разновидность – *специальные первичные эталоны* (далее – специальные). Специальные эталоны воспроизводят единицы в условиях, в которых прямая передача размера единицы от первичного эталона с требуемой точностью технически неосуществима (ВЧ и СВЧ, малые и большие энергии и т. п.). Первичные и специальные эталоны утверждают в качестве государственных эталонов. Ввиду особой важности государственных эталонов и для придания им силы закона на каждый государственный эталон утверждается ГОСТ.

*Вторичные эталоны: эталоны-копии* предназначены для передачи размера единицы рабочим эталонам; *эталоны сравнения* – для взаимного сличения эталонов, которые не удается сличить непосредственно; *рабочие эталоны* – для поверки образцовых средств измерений (ОСИ) и наиболее точных РСИ.

Государственные эталоны создает, утверждает, хранит и применяет Государственный комитет по стандартам, вторичные – министерства и ведомства.

В настоящее время стандартом установлен многоступенчатый порядок передачи размеров единицы физической величины от государственного эталона всем РСИ данной физической величины с помощью вторичных эталонов и ОСИ различных разрядов от наивысшего первого к низшим и от ОСИ к РСИ. Передача размера осуществляется различными методами поверки, по существу известными методами измерений. Передача размера через каждую ступень сопровождается потерей точности, однако многоступенчатость позволяет сохранять эталоны и передавать размер единицы всем РСИ. Образцовые средства измерений, как известно, используются для периодической передачи размеров единиц в процессе поверки СИ и эксплуатируются только в подразделениях метрологической службы. Определение разряда ОСИ производится в ходе их метрологической аттестации органом Государственного комитета по стандартам. В том же порядке особо точные СИ, изготовленные как рабочие, могут быть аттестованы на определенный срок как образцовые, а ОСИ, не прошедшие очередной метрологической аттестации, – как рабочие.

**МЕТРОЛОГИЧЕСКИЙ НАДЗОР ЗА СРЕДСТВАМИ ИЗМЕРЕНИЙ**

Никогда не пытайтесь повторить удачный эксперимент

**Государственные и отраслевые поверочные схемы**

В основе обеспечения единообразия средств измерений лежит система передачи размера единицы измеряемой величины. Технической формой надзора за единообразием средств измерений является государственная (ведомственная) поверка средств измерений, устанавливающая их метрологическую исправность.

Достоверная передача размера единиц во всех звеньях метрологической цепи от эталонов или от исходного образцового средства измерений к рабочим средствам измерений производится в определенном порядке, приведенном в поверочных схемах. *Поверочная схема* – это утвержденный в установленном порядке документ, регламентирующий средства, методы и точность передачи размера единицы физической величины от государственного эталона или исходного образцового средства измерений рабочим средствам.

Различают государственные, ведомственные и локальные поверочные схемы органов государственной или ведомственных метрологических служб.

*Государственная* поверочная схема распространяется на все СИ данной ФВ, применяемые в стране, например, на средства измерений электрического напряжения в определенном диапазоне частот. Устанавливая много-ступенчатый порядок передачи размера единицы ФВ от государственного эталона, требования к средствам и методам поверки, государственная поверочная схема представляет собой как бы структуру МО определенного вида измерений в стране. Эти схемы разрабатываются главными центрами эталонов и оформляются одним ГОСТом ГСИ.

*Ведомственная* поверочная схема разрабатывается органом ведомственной метрологической службы, согласовывается с главным центром эталонов – разработчиком государственной поверочной схемы средств измерений данной ФВ и распространяется только на СИ, подлежащие внутриведомственной поверке.

*Локальные* поверочные схемы распространяются на РСИ, подлежащие поверке в данном метрологическом подразделении на предприятии, имеющем право поверки средств измерений и оформляются в виде стандарта предприятия. Ведомственные и локальные поверочные схемы не должны противоречить государственным и должны учитывать их требования применительно к специфике конкретного министерства или предприятия.

**Виды поверок и способы их выполнения**

Одной из главных форм государственного метрологического надзора и ведомственного контроля, направленных на обеспечение единства измерений в стране, как указывалось ранее, является поверка СИ. Поверке подвергаются СИ, выпускаемые из производства и ремонта, получаемые из-за рубежа, а также находящиеся в эксплуатации и хранении. Основные требования к организации и порядку проведения поверки СИ установлены ГОСТ “ГСИ. Поверка средств измерений. Организация и порядок проведения”. Термин “*поверка*” введен ГОСТ “ГСИ. Метрология. Термины и определения” как “определение метрологическим органом погрешностей средства измерений и установление его пригодности к применению”. В отдельных случаях при поверке вместо определения значений погрешностей проверяют, находится ли погрешность в допустимых пределах. Таким образом, поверку СИ проводят для установления их пригодности к применению. Пригодным к применению в течение определенного межповерочного интервала времени признают те СИ, поверка которых подтверждает их соответствие метрологическим и техническим требованиям к данному СИ. Средства измерений подвергают первичной, периодической, внеочередной, инспекционной и экспертной поверкам.

*Первичной* поверке подвергаются СИ при выпуске из производства или ремонта, а также СИ, поступающие по импорту.

*Периодической* поверке подлежат СИ, находящиеся в эксплуатации или на хранении через определенные межповерочные интервалы, установленные с расчетом обеспечения пригодности к применению СИ на период между поверками.

*Инспекционную* поверку производят для выявления пригодности к применению СИ при осуществлении госнадзора и ведомственного метрологического контроля за состоянием и применением СИ.

*Экспертную* поверку выполняют при возникновении спорных вопросов по метрологическим характеристикам (MX), исправности СИ и пригодности их к применению.

*Метрологическая аттестация* – это комплекс мероприятий по исследованию метрологических характеристик и свойств средства измерения с целью принятия решения о пригодности его применения в качестве образцового. Обычно для метрологической аттестации составляют специальную программу работ, основными этапами которых являются: экспериментальное определение метрологических характеристик; анализ причин отказов; установление межповерочного интервала и др. Метрологическую аттестацию средств измерений, применяемых в качестве образцовых, производят перед вводом в эксплуатацию, после ремонта и при необходимости изменения разряда образцового средства измерений. Результаты метрологической аттестации оформляют соответствующими документами (протоколами, свидетельствами, извещениями о непригодности средства измерений).

Особенности применяемых видов средств измерений определяют методы их поверки. В практике поверочных лабораторий известны разнообразные методы поверки средств измерений, которые для унификации сводятся к следующим:

• непосредственное сличение при помощи компаратора (т.е. при помощи средств сравнения);

• метод прямых измерений;

• метод косвенных измерений;

• метод независимой поверки (т.е. поверки средств измерений относительных величин, не требующий передачи размеров единиц).

Средства измерений, состоящие из нескольких частей (элементов), можно поверять поэлементно или комплектно. При *поэлементной поверке* погрешности средства измерений определяют по погрешности составных частей. Этот вид поверки является расчетно-экспериментальным и, как правило, применяется для сложных приборов, для которых отсутствуют образцовые средства измерений, позволяющие определять погрешность во всем диапазоне измерений. Например, поэлементная поверка практикуется для различных измерительных магазинов, измерительных линий, информационных измерительных систем и т. д.

При *комплектной поверке* определяют погрешности средства измерений в целом для всего измерительного прибора или измерительной системы. Этот вид поверки является более информативным и достоверным. Его целесообразно применять для средств измерений, в которых влияние взаимодействия составных компонентов на метрологические характеристики трудно оценить заранее.

Поверку измерительных систем проводят государственные метрологические органы, называемые *Государственной метрологической службой*.

Деятельность Государственной метрологической службы направлена на решение научно-технических проблем метрологии и осуществление необходимых законодательных и контрольных функций, таких как: установление допущенных к применению единиц физических величин; создание образцовых средств измерений, методов и средств измерений высшей точности; разработка общесоюзных поверочных схем; определение физических констант; разработка теории измерений, методов оценки погрешностей и другие.

Задачи, стоящие перед Государственной метрологической службой, решаются с помощью Государственной системы обеспечения единства измерений (ГСИ).

*Государственная система обеспечения единства измерений* является нормативно-правовой основой метрологического обеспечения научной и практической деятельности в части оценки и обеспечения точности измерений. Она представляет собой комплекс нормативно-технических документов, устанавливающих единую номенклатуру, способы представления и оценки метрологических характеристик средств измерений, правила стандартизации и аттестации выполнения измерений, оформления их результатов, требования к проведению государственных испытаний, поверки и экспертизы средств измерений.

Основными нормативно-техническими документами государственной системы обеспечения единства измерений являются *государственные стандарты.* На основе этих базовых стандартов разрабатываются нормативно-технические документы, конкретизирующие общие требования базовых стандартов к различным производствам, областям измерений и методикам выполнения измерений.

**Достоверность поверки**

Совершенство системы метрологического надзора за единством средств измерений определяется качеством поверки. Одной из важнейших характеристик качества поверки является *достоверность*. Эта характеристика процесса измерительного контроля отражает степень доверия к полученным после поверки результатам. На ее формирование влияет большое количество факторов. Наиболее существенными из них являются точность измерительного контроля, полнота контроля поверяемых параметров, временные

показатели поверки, надежность поверяемых и образцовых средств измерений, методика операций поверки, способы регистрации и обработки измерительной информации, наличие системы самоконтроля.

Для решения задачи обеспечения достоверности поверки созданы комплексы правил, регламентирующих порядок подготовки, выполнения и обработки результатов измерений, а также эталонная база и комплекс образцовых средств измерений.

**Определение объема поверочных работ**

Под *объемом поверочных работ* понимают совокупное число основных поверочных операций (без подготовительных), в результате выполнения которых можно сделать вывод о пригодности прибора к применению.

Объем поверки зависит от числа поверяемых метрологических характеристик; числа поверяемых отметок в диапазоне измерений; числа измерений в каждой поверяемой отметке. Первое число определяется числом измерительных функций прибора; второе – характером измерения поверяемой метрологической характеристики; третье – возможным разбросом случайной составляющей погрешности прибора.

Нормативные документы на разработку методик по поверке средств измерений требуют определять минимум поверяемых метрологических характеристик, достаточный для решения вопроса о пригодности поверяемых средств измерений к применению.

Анализ существующих подходов к определению состава поверяемых параметров показал, что наиболее распространены способы, основанные на обеспечении апостериорной надежности контролируемых технических систем. Однако при этом трудно определять характеристики надежности анализируемых параметров на этапе разработки средства измерений. Поэтому объем операций при первичной поверке, как правило, больше, чем при периодической поверке прибора.

Установленные научно-технической документацией (НТД) объемы поверочных работ являются, как правило, значительными, требуют больших трудозатрат и длительного изъятия средств измерений из обращения, что влияет на снижение готовности устройств к применению, а следовательно, и на их эффективность.

Поверка средств измерений в полном объеме, установленном НТД, в ряде случаев становится неоправданной. Так, из опыта эксплуатации конкретных средств измерений известно, что значительное число их не используется на всех диапазонах и пределах измерений и не все нормируемые метрологические характеристики необходимы при оценке точности выполняемых измерений. Это обусловлено некоторыми объективными причинами. Например, большинство радиоизмерительных приборов являются многофункциональными, а электроизмерительные приборы класса точности 0.5 и выше – многопредельными.

Положительный эффект от введения поверки средств измерений по сокращенной программе выражается в следующем:

• снижаются трудозатраты на поверочные работы и время изъятия средств измерений из сферы применения их по назначению; исключаются случаи браковки средств измерений на тех диапазонах и пределах измерений, а также по тем метрологическим характеристикам, которые практически не используются;

• повышаются характеристики надежности за счет снижения случаев браковки средств измерений из-за неисправности комплектующих элементов и отдельных блоков, не участвующих в работе средств измерений на ограниченных диапазонах;

• появляются возможности увеличения межповерочных интервалов;

• уменьшаются время восстановления и номенклатура требуемого для восстановления ЗИП (запасные части, инструменты и материалы);

• обеспечиваются возможность поверки средств измерений без демонтажа с технических устройств и автоматизация выполнения поверочных работ.

Недостатком поверки средств измерений по сокращенной программе является невозможность использования данных средств измерений на диапазонах, пределах измерений и с теми метрологическими характеристиками, поверка которых была исключена. Поверка средств измерений по сокращенной программе не должна нарушать единства и требуемой точности измерений. Соблюдение этих условий обусловливает требование к методу определения сокращенной программы поверки средств измерений.

Программу сокращенной поверки следует составлять так, чтобы исходя из конкретных.условий применения средств измерений объем поверки был минимальным и за межповерочный интервал обеспечивалась погрешность измерений, определяемая нормируемыми значениями соответствующих метрологических характеристик. Введение программы сокращенной поверки не должно приводить к созданию новой или дополнительной НТД на поверку средств измерений.

Исходя из специфики методов разработки программ сокращенной поверки целесообразно разделить средства измерений на широкодиапазонные, многопредельные и многоцелевые (комбинированные). К *широкодиапазонным* следует относить средства измерений, у которых область значений измеряемой (воспроизводимой) величины расширена, вид измеряемой или воспроизводимой физической величины (напряжение, ток, мощность и др.) фиксирован, а параметры данной физической величины (частотный диапазон и др.) имеют расширенную область значений. К *многопредельным* относят средства, позволяющие измерять одноименные физические величины на двух и более пределах; к *многоцелевым (комбинированным)* – средства, предназначенные для измерения ряда физических величин.

Как показал опыт поверки средств измерений по сокращенной программе, технико-экономический эффект от ее введения становится значительным и такая поверка целесообразна тогда, когда при эксплуатации широкодиапазонных средств измерений используется менее 3/4 рабочего диапазона измерений; при эксплуатации многопредельных средств измерений не используется хотя бы один предел; при эксплуатации многоцелевых средств измерений не используется измерение хотя бы одной из физических величин.

**СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ И КОНТРОЛЯ**

Одинаковые приборы, проверенные одинаковым способом, будут в эксплуатации вести себя совершенно по-разному

**Назначение измерений и контроля параметров технических устройств**

Современные технические устройства представляют собой совокупность большого числа так называемых “комплектующих изделий”, объединенных электрическими, электронными, оптоэлектронными, механическими связями в узлы, блоки, системы, комплексы для решения тех или иных задач. Электронные автоматизированные системы управления и другие устройства могут включать в себя тысячи, десятки и даже сотни тысяч комплектующих изделий. При этом изменения параметров (свойств) одного или нескольких изделий влияют на качество функционирования других взаимодействующих, присоединенных изделий. Любое изделие имеет, к сожалению, не безграничный ресурс и срок службы. Его параметры с течением времени, раньше или позже, начинают изменяться постепенно, а иногда под влиянием внешних воздействий и скоротечно. Наличие связей между элементами вызывает соответствующее изменение какого-то общего параметра совокупности соединенных комплектующих изделий. При некотором уровне изменения одного или нескольких параметров узел (блок, система, комплекс) теряет свою работоспособность. Чтобы предотвратить потерю работоспособности или восстановить утраченное качество технического устройства, необходимо количественно оценить его основные параметры или параметры его блоков, узлов, даже отдельных комплектующих изделий.

Параметры любых технических устройств, режимы их работы представляются наборами числовых значений совокупности физических величин (электрических, линейно-угловых, тепловых, оптических, акустических и др.). Значения физических величин в данный момент работы технического устройства объективно существуют, но неизвестны, если их не измерить. Следовательно, определение неизвестных числовых значений физических величин и является целью измерений.

Правильность определения значения измеряемой физической величины зависит от качества применяемых средств измерений, являющихся также техническими устройствами, способными измерить ту или иную физическую величину с заранее известной точностью.

В процессе эксплуатации радиоэлектронных комплексов, автоматизированных систем управления для поддержания работоспособности приходится периодически последовательно или одновременно измерять большое число физических величин со значительными пределами изменения в широком диапазоне частот. Прежде всего, практически в каждом сеансе работы сложного технического устройства необходимо контролировать соответствие значений физических величин установленным значениям или пределам (допускам). Подобный контроль параметров и характеристик для определения возможности нормального функционирования технических устройств, связанный с нахождением значений физических величин, называется *измерительным*. В ряде случаев нет необходимости определять (с заданной точностью) числовые значения физических величин: часто требуется фиксировать только наличие какого-либо сигнала или нахождение параметра в широком поле допуска (не меньше, не больше и т.д.). В таких случаях производится качественная оценка параметров технического устройства, а процесс оценки называется *качественным контролем*или просто*контролем*. При контроле часто применяют цветовую индикацию (цвет сигнала указывает оператору на соответствие параметра определенной границе). В ряде случаев для контроля применяют так называемые *индикаторы* – средства измерений с низкими точностными характеристиками.

Принципиальные различия между измерительным контролем и качественным заключается в следующем: в первом случае измеряемая физическая величина оценивается с заданной точностью и в широком диапазоне ее возможных значений (диапазоне измерений). Любое из полученных при измерении значений физической величины всегда вполне определенно и может быть сопоставлено с заданным значением; во втором случае оцениваемая физическая величина может принимать любое значение (в широком диапазоне ее возможных значений), которое является неопределенным, за исключением одного (или двух), когда значение физической величины становится равным верхней (нижней) границе поля допуска (этот момент сопровождается световым или другим сигналом). Если в качестве индикатора при контроле применяют средство измерений, то соответствующие значения физической величины получают вполне определенными, но без гарантии точности результата контроля, так как индикаторы не подлежат периодической поверке.

**Метрологическое обеспечение при разработке, производстве и эксплуатации технических устройств**

*Метрологическое обеспечение технических устройств* представляет собой комплекс научно-технических и организационно-технических мероприятий, а также соответствующую деятельность учреждений и специалистов, направленные на обеспечение единства и точности измерений для достижения требуемых (паспортных) характеристик функционирования технических устройств. В настоящее время метрологическое обеспечение принято понимать в широком и в узком смысле [19]. В широком смысле оно включает:

• теорию и методы измерений, контроля, обеспечения точности и единства измерений;

• организационно-технические вопросы обеспечения единства измерений, включая нормативно-технические документы (Государственные стандарты, методические указания, технические требования и условия), регламентирующие порядок и правила выполнения работ.

В узком смысле под метрологическим обеспечением понимают:

• надзор за применением законодательно установленной системы единиц физических величин; обеспечение единства и точности измерений путем передачи размеров единиц физических величин от эталонов к образцовым средствам измерений и от образцовых к рабочим;

• разработку и надзор за функционированием государственных и ведомственных поверочных схем;

• разработку методов измерений наивысшей точности и создание на этой основе эталонов (образцовых средств измерений);

• надзор за состоянием средств измерений в министерствах и ведомствах.

На разных этапах жизненного цикла технического устройства его метрологическое обеспечение имеет ряд задач:

• исследование параметров и характеристик технических устройств для определения требований к объему, качеству и номенклатуре измерений и контроля;

• выбор средств измерений и контроля из числа серийно выпускаемых. Если необходимых средств измерений не существует, задают требования на создание новых типов;

• поверка применяемых средств измерений;

• анализ технологических процессов с точки зрения определений номенклатуры и последовательности измерительно-контрольных операций, установления метрологических характеристик соответствующих средств измерений;

• обеспечение производства серийно выпускаемыми средствами измерений и контроля, своевременное обновление парка этих средств на предприятии;

• совершенствование методик измерений и контроля;

• проведение метрологической экспертизы конструкторской и технологической документации.

Ответственность за правильность, своевременность и полноту метрологического обеспечения технических устройств возлагается на их потребителей (заказчиков). Для этого в различных организациях функционируют метрологические службы.

**Поверка, ревизия и экспертиза средств измерений**

Важнейшей формой государственного надзора за измерительной техникой является*государственная (и ведомственная) поверка средств измерений,* служащая для установления их метрологической исправности.

Средства измерений подвергаются первичной, периодической, внеочередной и инспекционной поверкам.

*Первичная поверка* проводится при выпуске средств измерений в обращение из производства или ремонта.

*Периодическая поверка* проводится при эксплуатации и хранении средств измерений через определенные межповерочные интервалы, установленные с расчетом обеспечения метрологической исправности средств измерений на период между поверками.

Если необходимо удостовериться в исправности средств измерений при проведении работ по корректированию межповерочных интервалов, при повреждении поверительного клейма, пломбы или утраты документов, подтверждающих прохождение средством измерения периодической поверки, а также в ряде других случаев проводится *внеочередная поверка*средств измерений, причем сроки ее проведения назначаются независимо от сроков периодических поверок.

*Инспекционная поверка* проводится для выявления метрологической исправности средств измерений, находящихся в обращении; при проведении метрологической ревизии в организациях, на предприятиях и базах снабжения.

Обязательной государственной поверке подлежат:

• средства измерений, применяемые органами государственной метрологической службы;

• образцовые средства измерений, применяемые в качестве исходных в метрологических органах министерств и ведомств;

• средства измерений, применяемые при учете материальных ценностей, взаимных расчетах и торговле;

• средства измерений, связанные с охраной здоровья трудящихся и техникой безопасности;

• средства измерений, применяемые при государственных испытаниях новых средств измерений;

• средства измерений, результаты которых используются при регистрации официальных спортивных международных и национальных рекордов.

Так, например, к рабочим средствам измерений, подлежащим обязательной государственной поверке, относятся: весоизмерительные приборы, расходомеры, счетчики электроэнергии, газа, нефтепродуктов и воды, топливо- и маслораздаточные колонки и ряд других приборов, применяемых для учета и в торговле; шумомеры; дозиметры; рентгенометры и тонометры, медицинские термометры и другие приборы, служащие для охраны здоровья трудящихся; радиометры, измерители напряженности поля СВЧ, газоанализаторы и другие измерительные приборы, обеспечивающие безопасность работ, и т.п. Все остальные средства измерений подлежат обязательной ведомственной поверке.

Сроки периодических поверок (межповерочные интервалы) устанавливаются и корректируются метрологическими подразделениями предприятий, организаций и учреждений, эксплуатирующих средства измерений с таким расчетом, чтобы обеспечить метрологическую исправность средств измерений на период между поверками. Начальный межповерочный интервал устанавливается при государственных испытаниях средств измерений.

Поверка средств измерений должна осуществляться в соответствии с действующими государственными стандартами на поверочные схемы, методы и средства поверки. Положительные результаты поверки удостоверяются: а) наложением на средства измерений поверительного клейма установленного образца; б) выдачей свидетельства о поверке.

*Метрологическая ревизия* заключается в поверке состояния средств изменений и выполнения правил их поверки. Результаты метрологической ревизии оформляются актом, содержащим конкретные результаты проверки, а также предложения по изъятию средств измерений, признанных непригодными к применению, и предложения по устранению обнаруженных недостатков с указанием сроков.

**Государственные испытания средств измерений**

Все средства измерений, предназначенные для серийного производства, ввоза из-за границы, подвергаются со стороны органов Государственной метрологической службы обязательным *государственным испытаниям*, под которыми понимается экспертиза технической документации на средства измерений и их экспериментальные исследования для определения степени соответствия установленным нормам, потребностям народного хозяйства и современному уровню развития приборостроения, а также целесообразности их производства.

Установлены два вида государственных испытаний:

• *приемочные испытания* опытных образцов средств измерений новых типов, намеченных к серийному производству или импорту в РФ (государственные приемочные испытания);

• *контрольные испытания* образцов из установочной серии и серийно выпускаемых средств измерений (государственные контрольные испытания).

• *Государственные приемочные испытания* проводятся метрологическими органами Госстандарта или специальными государственными комиссиями, состоящими из представителей метрологических институтов, организаций-разработчиков, изготовителей и заказчиков.

В процессе государственных приемочных испытаний опытных образцов средств измерений проверяется соответствие средства измерений современному техническому уровню, а также требованиям технического задания, проекта технических условий и государственных стандартов. Проверке подлежат также нормированные метрологические характеристики и возможность их контроля при производстве, после ремонта и при эксплуатации, возможность проведения поверки и ремонтопригодность испытуемых средств измерений.

Государственная приемочная комиссия на основании изучения и анализа представленных на испытание образцов средств измерений и технической документации принимает рекомендацию о целесообразности (или нецелесообразности) выпуска средства измерения данного типа.

Госстандарт рассматривает материалы государственных испытаний и принимает решение об утверждении типа средств измерения к выпуску в обращение в стране. После утверждения тип средств измерения вносится в Государственный реестр средств измерений.

*Государственные контрольные испытания* проводятся территориальными организациями Госстандарта. Их цель – проверка соответствия выпускаемых из производства или ввозимых из-за границы средств измерений требованиям стандартов и технических условий.

Контрольные испытания средств измерений серийного производства проводятся: при выпуске установочной серии, при наличии сведений об ухудшении качества средств измерений, выпускаемых предприятием-изготовителем; при внесении изменений в конструкцию и технологию изготовления средств измерений, влияющих на их нормируемые метрологические характеристики, а также в порядке государственного надзора за качеством выпускаемых средств измерений в сроки, устанавливаемые Госстандартом.

Контрольные испытания проводятся периодически в течение всего времени производства (или импорта) средств измерений данного типа на испытательной базе предприятия-изготовителя. По окончании испытаний составляется акт о контрольных испытаниях, содержащий результаты испытаний, замечания, предложения и выводы. На основании акта контрольных испытаний организация, проводившая их, принимает решение о разрешении продолжения выпуска в обращение данных средств измерений, или об устранении недостатков, обнаруженных при контрольных испытаниях, или о запрещении их выпуска в обращение.

**СИСТЕМА ЭКСПЛУАТАЦИИ И РЕМОНТА ИЗМЕРИТЕЛЬНОЙ ТЕХНИКИ**

Опыт растет прямо пропорционально выведенному из строя оборудованию

**Назначение и содержание работ по эксплуатации**

Современные виды измерительной техники обладают большими возможностями, имеют высокий уровень автоматизации и способны решать комплексные задачи. Однако положительный эффект от внедрения новых средств измерений можно получить лишь при технически грамотной эксплуатации. В свою очередь, поддержание измерительной техники в исправном и готовом к применению состоянии связано с расходованием значительных трудовых и материальных ресурсов. Объясняется это тем, что неисправные измерительные приборы, особенно с неявными (метрологическими) отказами, могут приводить к ошибочным решениям.

Высокая эффективность использования средств измерений и контроля обеспечивается правильным планированием и организацией работ по техническому обслуживанию и восстановлению, что в большинстве случаев решается заблаговременно и отражается в эксплуатационно-технической документации.

Использование по назначению средств измерений и контроля начинается после их ввода в эксплуатацию. Ввод в эксплуатацию заключается в проведении подготовительных работ, контроле и приемке средств, поступивших после изготовления или ремонта, проверке на соответствие установленным требованиям и закреплении за ответственными лицами. Подготовительные работы могут включать оборудование рабочих мест и помещений, подготовку лиц к эксплуатации средств измерений, заказ и получение средств метрологического и диагностического обеспечения, запасного инструмента и принадлежностей и т. п.

Важное значение для обеспечения единства и сопоставимости результатов измерений имеет учет условий эксплуатации. Паспортные значения погрешностей средств измерений указаны для так называемых нормальных условий. Результаты, полученные с помощью одного и того же средства измерений в неодинаковых условиях, могут в ряде случаев существенно различаться. Поэтому при эксплуатации средств измерений в условиях, отличающихся от нормальных, необходимо учитывать дополнительные погрешности, вызванные этими отклонениями, или принимать меры для защиты от воздействия внешних факторов.

Составной частью эксплуатации средств измерений и контроля является техническое обслуживание и ремонт средств измерений, их хранение, сбор и обобщение данных о результатах эксплуатации. Оценка технического состояния средств измерений и контроля не является самостоятельным этапом эксплуатации, однако она постоянно проводится соответствующими лицами и органами для принятия решения о дальнейшем применении средств измерений.

Под *оценкой технического состояния средств измерений и контроля* понимается определение установленных в эксплуатационной и ремонтной документации значений показателей и проверка качественных признаков, характеризующих в заданный момент времени совокупность свойств средств измерений и контроля. Показателями и качественными признаками, определяющими техническое состояние средств измерений и контроля, являются внешний вид, комплектность, ресурс (срок службы), запас времени до периодической поверки, правильность функционирования, наличие неисправностей, целостность поверительных клейм или документов, удостоверяющих поверку, состояние эксплуатационных документов.

Важнейшей эксплуатационной характеристикой измерительной техники, влияющей на эффективность ее применения по назначению, является *уровень надежности,* и прежде всего метрологической, отражающей способность средств измерений сохранять во времени свою точность. Уровень надежности образцов измерительной техники в значительной мере зависит от правильности планирования и качества выполнения работ по их эксплуатации. Поэтому для обеспечения исправности и нормального функционирования средства измерений и контроля подвергают техническому обслуживанию. Объем и периодичность технического обслуживания зависят от интенсивности использования, уровня надежности и значимости средств измерений.

Таким образом, *эксплуатация* представляет собой процесс управления техническим состоянием, основными составляющими которого являются оценка технического состояния, выработка, выполнение управляющих воздействий (ремонт, профилактика, регулировка) и оценка эффекта от этих воздействий.

Важной составляющей частью эксплуатации является хранение и содержание средств измерений и контроля в состоянии, обеспечивающем их сохранность, исправность и приведение в готовность к использованию в установленные сроки. Данные задачи решаются выбором требуемых условий хранения, тщательной подготовкой средств измерений к хранению с применением средств защиты от воздействия окружающей среды, правильным размещением, периодическим контролем технического состояния и проведением технического обслуживания.

**Применение средств измерений и контроля**

При поверке технических средств, находящихся в эксплуатации, необходимо использовать только те средства измерений и контроля, которые находятся в исправном состоянии и имеют оттиски поверительных клейм, свидетельства или аттестаты, удостоверяющие факт их поверки.

Физические величины технических устройств необходимо измерять только теми средствами, которые указаны в эксплуатационной документации на эти объекты либо в стандартных (аттестованных) методиках.

Если в эксплуатационной документации или в методиках измерений не определены средства измерений параметров технических устройств, то их целесообразно выбирать с учетом требуемой точности и условий проведения измерений. При этом для достижения требуемого качества и точности измерения необходимо тщательно планировать, т.е. выбирать метод измерений (прямой, косвенный, метод совместных или совокупных измерений) и определять условия, в которых должны быть произведены измерения.

При анализе условий, в которых будут производиться измерения, учитываются: уровни механических нагрузок (вибраций, ударов, линейных ускорений и т.п.); климатические условия (температура, влажность, атмосферное давление и т.п); наличие или отсутствие активно разрушающей среды (агрессивные газы и жидкости, высокое напряжение и т.п.), в которой будет эксплуатироваться измерительная техника или ее элементы; наличие электрических и магнитных полей и других помех. Уровни воздействующих факторов не должны превышать значений, указанных в техническом описании для выбранных средств измерений и контроля.

При подготовке средств измерений к работе необходимо:

• провести внешний осмотр;

• заземлить в соответствии с инструкцией по эксплуатации прибор и установить его в рабочее положение;

• установить органы управления в исходное положение;

• проверить функционирование (опробовать).

При внешнем осмотре должно быть установлено: количество механических повреждений корпуса, переключателей; наличие штатных принадлежностей, необходимых для проведения измерений, оттиска доверительного клейма или соответствующей отметки в формуляре (паспорте); надежное крепление кабеля питания и гнезд для подключения внешних цепей к средству измерения.

Проверка функционирования органов управления должны выполняться в соответствии с инструкцией по эксплуатации средств измерений и контроля.

**Техническое обслуживание средств измерений и контроля**

Основой поддержания средств измерений и контроля в исправном состоянии и постоянной готовности к применению по назначению является *техническое обслуживание*. Периодичность, объем и порядок проведения технического обслуживания приборов, применяемых автономно, определяются эксплуатационной документацией на эти приборы, а приборов, встроенных в технические устройства, – эксплуатационной документацией на эти устройства. При этом не допускается нарушение пломб, оттисков клейм, если это не предусмотрено эксплуатационными документами. Различают техническое обслуживание по установленному регламенту или по текущему состоянию. В зависимости от объема работ техническое обслуживание по регламенту может быть ежедневным, еженедельным, ежемесячным, полугодовым, годовым. Ежедневно обслуживаются только применяемые в данный день приборы.

Все неисправностей средств измерений и контроля, выявленные в процессе технического обслуживания, должны быть устранены. Запрещается выполнять последующие операции до устранения обнаруженных неисправностей. Приборы с неустраненными неисправностями бракуют и направляют в ремонт. При техническом обслуживании должна быть обеспечена безопасность персонала. Условия работы, срочность ее выполнения и другие причины не могут служить основанием для нарушения мер безопасности.

Результаты технического обслуживания заносят в соответствующую учетную документацию.

Для выбора различных вариантов построения системы ремонта прежде всего определяют направления развития и возможный состав ремонтно-технологического оборудования с учетом перспектив развития средств измерений и указанных ограничений на систему ремонта.

В настоящее время используют, как правило, трехуровневую систему ремонта средств измерений [14]:

• на местах эксплуатации с помощью ремонтно-поверочных лабораторий измерительной техники,

• на ремонтных участках лабораторий измерительной техники,

• на ремонтных заводах.

Кроме того, средства измерений можно отремонтировать на заводах-изготовителях и на специализированных заводах приборостроительных министерств. Размещение ремонтно-технологического оборудования фактически определяет порядок ремонта средств измерений, т.е. виды и методы ремонта на различных уровнях системы ремонта и потребную квалификацию ремонтника.

В зависимости от характера отказов, степени выработки ресурса и трудоемкости восстановления различают текущий, средний и капитальный виды ремонта средств измерений. Такое разделение видов ремонта необходимо для планирования ремонтного производства. Сразу же следует отметить, что после ремонта средство измерений допускается к эксплуатации при проведении поверки, позволяющей удостовериться в соответствии его метрологических характеристик.

К *текущему ремонту* относят работы, связанные с устранением отдельных неисправностей средств измерений посредством замены комплектующих изделий и не требующие сложного диагностического и технологического оборудования. К этому виду ремонта относят также несложные в технологическом отношении операции по регулировке средств измерений для доведения метрологических характеристик до нормируемых значений в случае забракования прибора при поверке.

При *среднем ремонте* помимо операций, выполняемых при текущем ремонте, проводятся трудоемкие операции по замене или восстановлению (реставрации) элементов и составных частей работы по частичному восстановлению ресурса средств измерений, контроль технического состояния всех составных частей прибора (помимо выработавших ресурс и отказавших) с устранением выявленных неисправностей, настройка (регулировка) прибора и его составных частей после ремонта.

При *капитальном ремонте* ресурс полностью или почти полностью восстанавливается: прибор фактически полностью разбирают и определяют техническое состояние каждой детали, элемента, несущих и базовых конструкций; устраняют тяжелые повреждения и отказы, требующие сложного диагностического оборудования, трудоемких и сложных технологических процессов по обнаружению, замене и восстановлению отказавших (поврежденных) элементов и составных частей (восстановление или нанесение гальванических покрытий, изготовление новых деталей взамен вышедших из строя, восстановление электрической схемы прибора согласно принципиальной схеме и т. п.); прибор в целом комплексно настраивают и регулируют; после ремонта его испытывают.

Анализ обязательных работ при капитальном ремонте позволяет сделать заключение о том, что средства измерений при этом виде ремонта должны быть подвергнуты технологическим операциям и испытаниям в объеме основного производства. Однако производственные возможности ведомственных ремонтных предприятий, как правило, не позволяют производить его в требуемом объеме и с должным качеством. В связи с этим в процессе эксплуатации наблюдается значительное увеличение интенсивности отказов средств измерений после капитального ремонта. Поэтому во многих случаях экономически капитальный ремонт средств измерений не оправдывает себя, так как затраты на него соизмеримы с затратами на приобретение новых средств измерений, а качество отремонтированных приборов существенно уступает новым. О нецелесообразности капитального ремонта свидетельствует и тот факт, что при достигнутых уровнях надежности моральный износ средств измерений наступает раньше физического. Для перспективного парка средств измерений с большим ресурсом и сроком службы целесообразно планировать только текущий и средний ремонт. И только в отдельных случаях при остром дефиците каких-либо типов средств измерений допустима организация их капитального ремонта.

Таким образом, при среднем и капитальном ремонте фактически восстанавливают основные потребительские свойства средств измерений, а при текущем ремонте поддерживают работоспособное состояние посредством устранения “текущих отказов, т.е. отказов, неизбежно встречающихся при эксплуатации любых технических изделий ввиду их ограниченной надежности.

Рассмотренные виды ремонта различаются сложностью и трудоемкостью. Поэтому для их реализации используют системы ремонта различного уровня.

Текущий ремонт обычно выполняет выездная группа специалистов ведомственной лаборатории измерительной техники, осуществляющая одновременно поверку средств измерений непосредственно на местах их эксплуатации. Текущий ремонт не требует сложного специального технологического оборудования и при наличии группового ЗИП и подготовленных специалистов может быть освоен в короткие сроки. При такой организации ремонта имеет место минимальное время изъятия средств измерений из сферы эксплуатации.

Текущий и частично средний ремонт проводят в лабораториях измерительной техники предприятий и ведомств, средний и капитальный – в специализированных цехах (участках) ведомственных ремонтных заводов.

На время и стоимость ремонта существенно влияют методы ремонта, среди которых различают детальный и агрегатный.

При *детальном методе ремонта* отказавшие средства измерений восстанавливают на уровне комплектующих элементов. Основными недостатками этого метода являются: большее время ремонта, особенно сложных радиоизмерительных приборов; сложность диагностического оборудования; высокие требования к квалификации ремонтника; необходимость в тщательно отработанной ремонтной документации с описанием методов поиска и устранения отказов до комплектующего электрорадиоэлемента. С учетом все возрастающей сложности парка средств измерений детальный метод ремонта приводит к значительным трудозатратам и увеличению времени отсутствия средств измерений на местах использования.

Суть *агрегатного метода ремонта* заключается в замене отказавших агрегатов (узлов, блоков, плат) новыми или отремонтированными. Основными преимуществами данного метода ремонта являются минимальное время ремонта, простота технологического оборудования, невысокие требования к квалификации ремонтного персонала, относительная простота ремонтной документации. Однако агрегатный метод ремонта требует блочно-модульного построения средств измерений. Особенно эффективен он при текущем ремонте. Анализ характера отказов средств измерений показал, что до 80% для восстановления работоспособности требует ремонта в объеме текущего. Поэтому агрегатный метод представляется перспективным в плане сокращения времени восстановления.

К недостаткам этого метода относится высокая стоимость ЗИП. Агрегатный групповой ЗИП почти в 10 раз дороже детального.

Результаты поверки средств измерений оформляют в разделе “Поверка прибора метрологическими органами”. В формулярах приборов, забракованных при поверке, отмечают непригодность к эксплуатации и необходимость ремонта. Сведения о характере ремонта прибора заносит в формуляр лицо, непосредственно осуществляющее ремонт. При отправке прибора в ремонт, передаче в другую организацию, консервации или упаковке на длительное хранение в формуляр записывают итоговые данные о наработке.