

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ОБРАЗОВАНИЮ  
Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования  
«ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

---

**В.К. Кулешов, И.С. Филатов**

**МЕТРОЛОГИЯ, СТАНДАРТИЗАЦИЯ  
И СЕРТИФИКАЦИЯ НЕРАЗРУШАЮЩИХ  
МЕТОДОВ И СРЕДСТВ КОНТРОЛЯ**

*Рекомендовано в качестве учебного пособия  
Редакционно-издательским советом  
Томского политехнического университета*

Издательство  
Томского политехнического университета  
2008

УДК 620.179.(075.8)  
ББК 31.42я73  
К90

**Кулешов В.К.**

К90 Метрология, стандартизация и сертификация неразрушающих методов и средств контроля: учебное пособие / В.К. Кулешов, И.С. Филатов. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2008. – 81 с.  
ISBN 5-98298-321-7

В учебном пособии рассмотрены основные понятия положения по метрологии, стандартизации и сертификации методов и приборов контроля качества. Особое внимание обращено на неразрушающие методы.

Пособие разработано в рамках реализации Инновационной образовательной программы ТПУ по направлению «Неразрушающий контроль» и предназначено для студентов, обучающихся по специальностям 220501 «Управление качеством», 200102 «Приборы и методы контроля качества и диагностики».

**УДК 620.179.(075.8)**  
**ББК 31.42я73**

*Рецензент*

Доктор технических наук, профессор ТПУ  
*Б.И. Капранов*

**ISBN 5-98298-321-7**

© ГОУ ВПО «Томский политехнический университет», 2008  
© Кулешов В.К., Филатов И.С., 2008  
© Оформление. Издательство Томского политехнического университета, 2008

## Содержание

1. ВВЕДЕНИЕ .....	5
2. ИСТОРИЧЕСКАЯ СПРАВКА.....	6
3. МЕЖДУНАРОДНЫЕ МЕТРОЛОГИЧЕСКИЕ ОРГАНИЗАЦИИ.....	9
4. МЕТРОЛОГИЯ МЕТОДОВ ИЗМЕРЕНИЯ СТАБИЛЬНОСТИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ И КАЧЕСТВА ПРОДУКЦИИ .....	10
4.1. Общие положения .....	10
4.2. Термины и определения .....	12
4.2.1. Метрология и ее разделы.....	12
4.2.2. Физические величины.....	12
4.2.3. Измерения физических величин .....	13
4.2.4. Средства измерительной техники .....	14
4.2.5. Принципы, методы и методики измерений .....	15
4.2.6. Результаты измерений физических величин .....	16
4.2.7. Погрешности измерений .....	16
4.2.8. Погрешности средств измерений .....	17
4.2.9. Условия измерений .....	18
4.2.10. Эталоны единиц физических величин .....	18
4.2.11. Метрологическая служба и ее деятельность .....	19
4.3. Основные задачи метрологического обеспечения на государственном уровне.....	21
4.4. Государственная метрологическая служба .....	25
5. ФИЗИЧЕСКИЕ ЕДИНИЦЫ И ИХ ИЗМЕРЕНИЕ. ВИДЫ И МЕТОДЫ ИЗМЕРЕНИЙ. СИСТЕМЫ ЕДИНИЦ ФИЗИЧЕСКИХ ВЕЛИЧИН.....	28
5.1. Физические единицы и их измерение.....	28
5.2. Международная система единиц.....	29
5.2.1. Основные единицы СИ.....	29
5.2.2. Производные единицы СИ .....	31
6. ОСНОВЫ ГОСУДАРСТВЕННОГО НАДЗОРА И ВЕДОМСТВЕННОГО КОНТРОЛЯ ЗА СРЕДСТВАМИ ИЗМЕРЕНИЙ	36
6.1. Средства измерений.....	36
6.2. Государственные испытания средств измерения .....	39
6.3. Аттестация нестандартных средств измерений.....	41
6.4. Поверка средств измерений .....	43
6.5. Государственный метрологический надзор .....	46
6.6. Калибровка и поверка средств измерений .....	48

7. НЕРАЗРУШАЮЩИЕ МЕТОДЫ КОНТРОЛЯ .....	49
7.1. Общие принципы .....	49
7.2. Классификация видов и методов неразрушающего контроля ..	50
7.3. Общие особенности методов неразрушающего контроля.....	55
8. СТАНДАРТИЗАЦИЯ МЕТОДОВ И СРЕДСТВ НЕРАЗРУШАЮЩЕГО КОНТРОЛЯ.....	56
9. ПОВЕРКА СРЕДСТВ НЕРАЗРУШАЮЩЕГО КОНТРОЛЯ.....	57
9.1. Роль метрологического обеспечения СНК в повышении качества продукции.....	57
9.2. Методы поверки. Нормативные документы по поверке.....	58
9.3. Подготовка и проведение поверки .....	60
9.4. Создание и организация поверочных подразделений ведомственных метрологических служб .....	61
9.5. Некоторые особенности поверки СНК .....	62
10. СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ, ИСПОЛЬЗУЕМЫЕ ПРИ ПОВЕРКЕ СРЕДСТВ НЕРАЗРУШАЮЩЕГО КОНТРОЛЯ.....	66
11. СЕРТИФИКАЦИЯ МЕТОДОВ И СРЕДСТВ НЕРАЗРУШАЮЩЕГО КОНТРОЛЯ.....	70
12. АТТЕСТАЦИЯ (АККРЕДИТАЦИЯ) ЛАБОРАТОРИЙ НЕРАЗРУШАЮЩЕГО КОНТРОЛЯ.....	72
13. СИСТЕМА СЕРТИФИКАЦИИ ПЕРСОНАЛА ПО НЕРАЗРУШАЮЩЕМУ КОНТРОЛЮ .....	73
Список литературы .....	80

## 1. ВВЕДЕНИЕ

Проблема обеспечения высокого качества продукции находится в прямой зависимости от степени метрологического обслуживания и обеспечения производства. Проблема заключается в умении правильно измерять и контролировать параметры материалов, изделий и других видов продукции, поддерживать заданные технологические режимы, измеряя множество параметров технологических процессов, результаты которых преобразуются в управляющие команды.

В соответствии с ГОСТ 125–76 «Метрологическое обеспечение. Основные положения» метрологическое обеспечение – это установление и применение научных и организационных основ, технических средств, правил и норм, необходимых для достижения единства и требуемой точности измерений.

Научной основой метрологического обеспечения является метрология. В соответствии с РМГ 29–99 «Метрология. Основные термины и определения». Метрология – это наука об измерениях, методах и средствах обеспечения их единства и способах достижения требуемой точности.

Метрология органически связана со стандартизацией. Эта связь выражается, прежде всего, в стандартизации единиц измерений, системы государственных эталонов, средств измерений и методов поверок, в создании стандартных образцов свойств и состава веществ. В свою очередь, стандартизация опирается на метрологию, обеспечивающую правильность, достоверность, требуемую точность и сопоставимость результатов испытаний материалов и изделий, а также использует методы определения и контроля качества, разработанные и метрологически аттестованные.

На метрологическое обеспечение в различных отраслях промышленности тратится 25–30 % общих затрат. Снижение этих затрат и повышение качества продукции возможно только с решением вопросов сертификации продукции и систем качества.

Поэтому на современном этапе проблемы сертификации, стандартизации и метрологии органически связаны. В данном курсе эти проблемы будут рассмотрены последовательно.

## 2. ИСТОРИЧЕСКАЯ СПРАВКА

Потребность в измерениях возникла с незапамятных времен. Для этого в первую очередь использовались подручные средства. Из глубины веков дошли до нас единица массы драгоценных камней – карат, что в переводе с языков древнего юго-востока означает «семя боба» (горошина), а также единица аптекарской массы – гран, что в переводе с латинского означает «зерно».

В Киевской Руси применялись меры «вершок» – длина фаланги указательного пальца, «локоть» – расстояние от локтя до конца среднего пальца, «сажень» – три локтя, «верста» и др.

Древние вавилоняне до н.э. установили меры времени: год, месяц, час, минута.

Установленные образцовые меры хранились в церквях и монастырях. Так, «золотой пояс» Святослава Ярославича (1070 г.) служил образцовой мерой длины. В 1136 г. был издан устав Новгородского князя Всеволода «О церковных судах и людях и о мерилах торговли», в котором предписывалось, что «все весы и мерила блюсти без пакости, ни умаливати, ни умнажати, а всякий год извешивати». Нарушитель наказывался – вплоть до смертной казни.

Важнейшим метрологическим документом является «Двинская грамота» Ивана Грозного (1550 г.). В ней регламентированы правила хранения и передачи размера меры сыпучих веществ – осьмины. Ее медные экземпляры рассылались по городам на хранение выборным людям (старостам, целовальникам). С этих мер надлежало сделать клейменные деревянные копии для городских померщиков. С этих копий готовились деревянные копии для использования в обиходе, то есть при Иване Грозном началась создаваться государственная система обеспечения единства измерений и государственной метрологической службы.

Московские указы, касавшиеся введения единых мер в стране, отсылались на места вместе с образцами казенных мер. Работы по надзору за мерами и их поверку проводили два столичных учреждения «Померная изба» и «Большая таможня». В провинции надзор был поручен персоналу воеводских и земских изб, а также старостам.

Метрической реформой Петра I к обращению в России были допущены английские меры: футы, дюймы, приравнена сажень семи английским футам с делением ее на три аршина. Были выделены также метрологические центры: комерц-коллегия, занимавшаяся вопросами единства мер и метрологического обслуживания в области торговли, адмиралтейств-коллегия заботилась о правильном применении угломерных

приборов, компасов и соответствующих мер, беринг-коллегия опекала измерительное хозяйство горных заводов, рудников и монетных дворов. Петербургская академия наук, основанная в 1725 году, занималась воспроизведением угловых единиц, единиц времени и температуры. Она имела в своем распоряжении образцовые меры и эталоны.

В 1736 г. по решению сената в России был организован единый метрологический центр – Комиссия весов и мер под председательством директора монетного двора графа М.Г. Головина. В состав комиссии входил Л. Эйлер. В качестве исходных мер комиссия изготовила медный аршин, деревянную сажень и специальное ведро. Был создан эталонный фунт. В 1747 г. была изготовлена бронзовая золоченая гиря (фунт), которая просуществовала 100 лет.

Во Франции 8 мая 1790 г. учредительное собрание приняло декрет о реформе системы мер и поручило Парижской академии наук разработать соответствующие предложения. В 1795 г. была создана комиссия под руководством Лагранжа и Лапласа. В комиссию, которая разработала метрическую систему, входили Кулон, Даламбер, Лавуазье. Эта система была утверждена в 1799 г. Согласно ей единица длины – одна сорок миллионная часть земного меридиана (метр), единица площади –  $\text{м}^2$ , единица объема –  $\text{м}^3$ . За единицу массы 1 кг взят  $\text{дм}^3$  чистой воды при  $4^\circ\text{C}$ . Были созданы платиновые эталоны метра и килограмма. Как обязательная эта система была введена во Франции в 1840 г.

Широкое участие русских ученых в международной метрологической деятельности началось в середине XIX века. Указом от 1835 г. «О системе Российских мер и весов» утверждены эталоны длины и массы – платиновая сажень, равная 7 английским футам, и платиновый фунт.

В 1842 г. на территории Петропавловской крепости открывается первое централизованное метрологическое и поверочное учреждение России – Депо образцовых мер и весов. В 1849 г. вышла книга Ф.И. Петрушевского «Общая метрология». В 1875 г. в Париже подписана метрологическая конвенция, объединившая метрологов разных стран для международного сотрудничества, в результате чего Россия получила международные эталоны длины и массы. В 1892 г. управляющим депо был назначен Д.И. Менделеев. Менделеевский период в российской метрологии с 1892 по 1918 гг. стал этапом научного становления метрологии и перевода ее в число точных естественных наук, а также началом глубоко продуманного и планомерного включения метрологической деятельности в хозяйственный механизм России. В 1893 г. Депо преобразуется в Главную палату мер и весов. Это было первое в мире научно-исследовательское учреждение метрологического профиля. По России было создано 25 метрологических палаток для целей поверки. Аналогичные учреждения были созданы в Англии в 1900 г. (метрологическое отделение национальной физической лаборатории), в США в 1901 г. создано Национальное бюро эталонов.

Несмотря на громадный авторитет Менделеева в метрологии, ему не удалось внедрить метрическую систему в России. С 1899 г. она применялась факультативно. Международная метрическая система была введена в России в 1918 г. Декретом Совета народных комиссаров РСФСР от 14 сентября 1918 г. С этого же времени стали вводиться нормативные документы в области метрологии.

В 1925 г. СНК СССР принял постановление о признании Международной метрической конвенции, заключенной 20 мая 1875 г. в Париже. В этом же году создается комитет по стандартизации, председателем которого был назначен В.В. Куйбышев.

В 1926 г. утвержден первый общесоюзный стандарт «Пшеница, селекционные сорта зерна. Номенклатура». В последующие три года было создано 300 стандартов. В 1927 году число палаток достигло 72.

23 ноября 1929 г. ЦИК и СНХ СССР приняли Постановление об уголовной ответственности за несоблюдение обязательных стандартов и Положение о мерах и весах. За период с 1929 г. по 1932 г. было утверждено более 4500 стандартов. В 1930 г. Комитет по стандартизации стал называться Всесоюзным комитетом стандартизации (ВКС) при Совете труда и обороны. С 1932 г. стали создаваться ведомственные комитеты по стандартизации с правом утверждения отраслевых стандартов.

В 1940 г. Президиум Верховного Совета СССР издал указ «Об ответственности за выпуск недоброкачественной и некомплектной продукции и несоблюдение обязательных стандартов промышленными предприятиями». В этом же году Постановлением СНК СССР был образован Всесоюзный комитет по стандартизации при Совнаркоме СССР и введена была категория государственных стандартов (ГОСТ).

В 1954 г. был создан Комитет стандартов, мер и измерительных приборов при Совете Министров СССР, который возглавил всю работу в стране по метрологии, стандартизации и измерительной технике. На местах создаются лаборатории государственного контроля (ЛГК). Создается сеть научно-исследовательских метрологических институтов (ВНИИМ, ВНИИС, ВНИИФТРИ и др.).

В 1970 г. введена в действие государственная система стандартизации (ГСС), установившая единый порядок разработки, утверждения, регистрации, издания, обращения и внедрения стандартов. Кроме того, были созданы Единая система технологической документации (ЕСТД) и Государственная система обеспечения единства измерений (ГСИ), регламентирующая все стороны метрологической деятельности. С середины 70-х годов в Госстандарте начали разрабатываться и внедряться различные системы управления качеством.



В 1985 г. Госстандарт СССР выпустил рекомендации по разработке программ «Качество». К 1988 г. в России регламентировано было 24 000 государственных, 54 000 отраслевых, 7 000 республиканских стандартов и 148 000 технических условий. Техническая база метрологического обеспечения состояла из 145 государственных и 348 вторичных эталонов, 4 100 типов образцовых средств измерений, 7 100 типов средств измерений и 4 100 стандартных образцов веществ и материалов, занесенных в Государственный реестр СССР. В метрологической службе было занято 3,5 млн человек.

Следуя, начавшимся в стране преобразованиям Госстандарт провел ряд мероприятий об отказе от неоправданной нормативной документации, значительно сократил количество организационно-технических документов, упразднил нормативные документы отраслевого и республиканского уровня.

### **3. МЕЖДУНАРОДНЫЕ МЕТРОЛОГИЧЕСКИЕ ОРГАНИЗАЦИИ**

Первое международное объединение по метрологии было создано в 1875 г. Метрическую конвенцию подписали 17 стран (в том числе и Россия), цель которой заключалась в унификации национальных систем единиц измерений и установлении единых эталонов длины и массы (метра и килограмма). На основе этой конвенции была создана межправительственная Международная организация мер и весов (МОМВ). Генеральная конференция по мерам и весам собирается не реже одного раза в четыре года. Первая конференция состоялась в 1898 г. В промежутках между конференциями работой МОМВ руководит избираемый на конференции Международный комитет мер и весов (МКМВ). В состав комитета входит 18 членов крупнейших метрологов и физиков. В составе комитета работают 8 консультативных комитетов, которые подготавливают материалы и решения для Генеральных конференций. В соответствии с конвенцией была создана первая международная научно-исследовательская лаборатория – Международное бюро мер и весов (МБМВ), которая хранит и поддерживает международные эталоны. МБМВ расположен в г. Севр во Франции и координирует деятельность метрологических организаций более чем 100 государств. Деятельностью МБМВ руководит МКМВ.

В 1956 г. создана Международная организация законодательной метрологии. (МОЗМ), объединяющая более 80 государств. Задачами МОЗМ являются:

- разработка общих вопросов законодательной метрологии, в том числе установление классов точности средств измерений;
- обеспечение единообразия определенных типов, образцов и систем измерительных приборов;

- рекомендации по их испытаниям для унификации метрологических характеристик;
- порядок поверки и калибровки средств измерений;
- гармонизация поверочной аппаратуры, методов сличения, поверок и аттестации эталонных, образцовых и рабочих измерительных приборов;
- выработка оптимальных форм организации метрологических служб и обеспечение единства государственных предписаний по их ведению;
- оказание научно-технического содействия развивающимся странам в создании и организации работ метрологических служб и их оснащение надлежащим оборудованием;
- установление единых принципов подготовки кадров в области метрологии;
- установление взаимного доверия к результатам измерений технических характеристик сырья, материалов и продукции, проводимых в каждой из стран-участниц конвенции, определение общих принципов законодательной метрологии;
- установление необходимых и достаточных характеристик и требований, которым должны отвечать средства измерений;
- сертификация средств измерений, начатая с 1995 г.

Исполнительным органом МОЗМ является Международный комитет законодательной метрологии (МКЗМ), расположенный в Париже.

В 1958 г. создана Международная конференция по измерительной технике и приборостроению ИМЕКО, задача которой проведение раз в три года международных конгрессов и семинаров по актуальным проблемам развития измерительной и диагностической техники. В составе ИМЕКО 19 стран.

Вопросами стандартизации на международном уровне для целей метрологии занимаются ИСО (Международная организация по стандартизации) и МЭК (Международная электротехническая комиссия).

## **4. МЕТРОЛОГИЯ МЕТОДОВ ИЗМЕРЕНИЯ СТАБИЛЬНОСТИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ И КАЧЕСТВА ПРОДУКЦИИ**

### **4.1. Общие положения**

К основным проблемам метрологии относятся:

- общая теория измерений;
- единицы физических величин и их системы;
- методы и средства измерений;
- методы определения точности измерений;

- основы обеспечения единства измерений и единообразия средств измерений;
- эталоны и образцовые средства измерений;
- методы передачи размеров единиц от эталонов или образцовых средств измерений рабочим средствам измерений.

Главная проблема метрологии – это обеспечение единства измерений, что требует создания системы метрологического обеспечения. Единство измерений – это состояние измерений, при котором их результаты выражены в узаконенных единицах и погрешности известны с заданной вероятностью.

Организационной основой метрологического обеспечения является государственная и ведомственные метрологические службы, т. е. законодательная метрология.

Законодательная метрология в соответствии с РМГ 29–99 – это раздел метрологии, предметом которого является установление обязательных технических и юридических требований по применению единиц физических величин, эталонов, методов и средств измерений, направленных на обеспечение единства и необходимости точности измерений в интересах общества.

Техническими основами метрологического обеспечения являются:

- система государственных эталонов единиц физических величин, обеспечивающих воспроизведение единиц с наивысшей точностью;
- система передачи размеров единиц физических величин от эталонов всем средствам измерений с помощью образцовых средств измерений и других средств поверки;
- система разработки, поставки на производство и выпуска в обращение рабочих средств измерений;
- система государственных испытаний и метрологической аттестации средств измерений;
- система государственной и ведомственной поверки средств измерений;
- система стандартных образцов состава и свойств веществ и материалов;
- система стандартных справочных данных о физических константах и свойствах веществ и материалов.

Во всех отраслях народного хозяйства и на всех предприятиях любой формы собственности метрологическое обеспечение помогает решать множество задач производственного и общественного характера. Без метрологического обеспечения невозможно решение задач улучшения качества продукции, т. е. без точной и объективной измерительной информации невозможно обеспечить эффективность производства и высокое качество продукции. К измерительной информации предъявляются следующие требования:

- результаты измерений должны быть выражены в указанных единицах;

- погрешность выполняемых измерений должна быть достаточно точно известна;
- погрешность измерений не должна превышать допустимых значений.

## 4.2. Термины и определения

Все термины и определения, которыми пользуются в процессе метрологического обеспечения, должны соответствовать общепринятым определениям. Это дается в РМГ 29–99 «Рекомендации по межгосударственной стандартизации. Метрология. Основные термины и определения», введенные взамен ГОСТ 16263–70. Рассмотрим некоторые определения.

### 4.2.1. Метрология и ее разделы

Метрология – наука об измерениях, методах и средствах обеспечения их единства и способах достижения требуемой точности.

Теоретическая метрология – раздел метрологии, предметом которой является разработка фундаментальных основ метрологии.

Законодательная метрология – раздел метрологии, предметом которой является установление обязательных технических и юридических требований по применению единиц физических величин, эталонов, методов и средств измерений, направленных на обеспечение единства и необходимой точности измерений в интересах общества.

Практическая метрология – раздел метрологии, предметом которого являются вопросы практического применения разработок теоретической метрологии и положений законодательной метрологии.

### 4.2.2. Физические величины

Физическая величина – одно из свойств физического объекта (физической системы, явления или процесса), общее в качественном отношении для многих физических объектов, но в количественном отношении индивидуальное для каждого из них.

Размер физической величины (размер величины) – количественная определенность физической величины, присущая конкретному материальному объекту, системе, явлению или процессу.

Значение физической величины (значение величины) – выражение размера физической величины в виде некоторого числа принятых для нее единиц.

Истинное значение физической величины – значение физической величины, которое идеальным образом характеризует в качественном и количественном отношении соответствующую физическую величину.

Действительное значение физической величины – значение физической величины, полученное экспериментальным путем и настолько близкое к истинному значению, что в поставленной измерительной задаче может быть использовано вместо него.

Система физических величин – совокупность физических величин, образованная в соответствии с принятыми принципами, когда одни величины принимают за независимые, а другие определяют как функции независимых величин.

Основная физическая величина – физическая величина, входящая в систему величин и условно принятая в качестве независимой от других величин этой системы.

Производная физическая величина – физическая величина, входящая в систему величин и определяемая через основные единицы этой системы.

Размерность физической величины (размерность величины) – выражение в форме степенного одночлена, составленного из произведений символов основных физических величин в различных степенях и отражающее связь данной физической величины с физическими величинами, принятыми в данной системе величин за основные с коэффициентом пропорциональности, равным 1.

В ИСО 31/0 размерность величин обозначают  $L^l M^m T^t$  (длина, масса, время).

#### **4.2.3. Измерения физических величин**

Измерение физической величины – совокупность операций по применению технического средства, хранящего единицу физической величины, обеспечивающих нахождение соотношения (в явном или неявном виде) измеряемой величины с ее единицей и получение значения этой величины.

Прямое измерение – измерение, при котором искомое значение физической величины получают непосредственно.

Косвенное измерение – определение искомого значения физической величины на основании результатов прямых измерений других физических величин, функционально связанных с искомой величиной.

Отчет показаний средства измерений – фиксация значения величины или числа по показывающему устройству средства измерений в заданный момент времени.

Измерительный сигнал – сигнал, содержащий количественную информацию об измеряемой физической величине.

#### **4.2.4. Средства измерительной техники**

Средство измерений – техническое средство, предназначенное для измерений, имеющее нормирование метрологических характеристик, воспроизводящее и (или) хранящее единицу физической величины, размер которой принимают неизменным (в пределах установленной погрешности) в течение известного интервала времени.

Рабочее средство измерений – средство измерений, предназначенное для измерений, не связанных с передачей размера единицы другим средствам измерений.

Основное средство измерений – средство измерений той физической величины, значение которой необходимо получить в соответствии с измерительной задачей.

Вспомогательное средство измерений – средство измерений той физической величины, влияние которой на основе средства измерений или объекта измерений необходимо учитывать для получения результатов измерений требуемой точности.

Стандартизованное средство измерений – средство измерений, изготовленное и применяемое в соответствии с требованиями государственного или отраслевого стандарта.

Автоматическое средство измерений – средство измерений, производящее без непосредственного участия человека измерения и все операции, связанные с обработкой результатов измерений, их регистрацией, передачей данных или выработкой управляющего сигнала.

Мера физической величины (мера) – средство измерений, предназначенное для воспроизведения и (или) хранения физической величины одного или нескольких заданных размеров, значения которых выражены в установленных единицах и известны с необходимой точностью.

Измерительный прибор (прибор) – средство измерений, предназначенное для получения значений измеряемой физической величины в установленном диапазоне.

Измерительная установка – совокупность функционально объединенных мер, измерительных приборов, измерительных преобразователей и др. устройств, предназначенная для измерений одной или нескольких физических величин и расположенная в одном месте.

Измерительная система – совокупность функционально объединенных мер, измерительных приборов, измерительных преобразователей, ЭВМ и др. технических средств, размещенных в разных точках контролирующего объекта и т. п. с целью измерений одной или нескольких физических величин, свойственных этому объекту, и выработки измерительных сигналов в разных целях.

Стандартный образец – образец вещества (материала) с установленными в результате метрологической аттестации значениями одной или более величин, характеризующими свойство или состав этого вещества (материала).

Датчик – конструктивно обособленный первичный преобразователь, от которого поступают измерительные сигналы.

Индикатор – техническое средство или вещество, предназначенное для установления наличия какой-либо физической величины или превышения уровня ее порогового значения.

Измерительное устройство – часть измерительного прибора (установки, системы), связанная с измерительным сигналом и имеющая обособленную конструкцию и назначение.

Действительное значение меры – значение величины, приписанное мере на основании ее калибровки или поверки.

Чувствительность средства измерений – свойство средства измерений, определяемое отношением изменения выходного сигнала этого средства к вызывающему его изменению измеряемой величины.

Порог чувствительности средства измерений – характеристика средства измерений в виде наименьшего значения изменения физической величины, начиная с которого может осуществляться ее измерение данным средством.

Средства поверки – эталоны, поверочные установки и др. средства измерений, применяемые при поверке в соответствии с установленными правилами.

Вид средства измерений – совокупность средств измерений, предназначенных для измерений данной физической величины.

#### **4.2.5. Принципы, методы и методики измерений**

Принцип измерений – физическое явление или эффект, положенное в основу измерений.

Метод измерений – прием или совокупность приемов сравнения измеряемой физической величины с ее единицей в соответствии с реализованным принципом измерений.

Метод непосредственной оценки – метод измерений, при котором значение величины определяют непосредственно по показывающему средству измерений.

Метод сравнения с мерой (метод сравнения) – метод измерений, в котором измеряемую величину сравнивают с величиной, воспроизводимой мерой.

Нулевой метод измерений – метод сравнения с мерой, в котором результирующий эффект воздействия измеряемой величины и меры на прибор сравнения доводят до нуля.

Метод измерения замещением (метод замещения) – метод сравнения с мерой, в котором измеряемую величину замещают мерой с известным значением величины.

Методика выполнения измерений (методика измерений) – установленная совокупность операций и правил при измерении, выполнение которых обеспечивает получение результатов, измерений с гарантированной точностью в соответствии с принятым методом.

#### **4.2.6. Результаты измерений физических величин**

Результат измерения физической величины – значение величины, полученное путем ее измерения.

Сходимость результатов измерений – близость друг к другу результатов измерений одной и той же величины, выполняемых повторно одними и теми же средствами, одним и тем же методом в одинаковых условиях и с одинаковой тщательностью. Она характеризуется размахом, средней квадратической погрешностью.

Воспроизводимость результатов измерений – близость результатов измерений одной и той же величины, полученных в разных местах, разными методами, разными средствами, разными операторами в разное время, но приведенных к одним и тем же условиям измерений (температура, давление, влажность и др.).

#### **4.2.7. Погрешности измерений**

Погрешность результата измерений (погрешность измерения) – отклонение результата измерения от истинного (действительного) значения измеряемой величины. ( $\Delta X_{изм} = X_{изм} - X_{д}$ ).

Систематическая погрешность измерения (систематическая погрешность) – составляющая погрешности результата измерения, остающаяся постоянной или закономерно изменяющаяся при повторных измерениях одной и той же физической величины.

Инструментальная погрешность измерения – составляющая погрешности измерения, обусловленная погрешностью применяемого средства измерений.

Случайная погрешность измерения (случайная погрешность) – составляющая погрешности результата измерения, изменяющаяся случайным образом при повторных измерениях, проведенных с одинаковой тщательностью, одной и той же физической величины.

Абсолютная погрешность измерения – погрешность измерения, выраженная в единицах измеряемой величины.



Относительная погрешность измерения (относительная погрешность) – погрешность измерения, выраженная отношением абсолютной погрешности измерения к действительному или измеренному значению измеряемой величины.

Размах результатов измерений – оценка рассеяния результатов единичных измерений физической величины  $X_n$  (образующая ряд или выборку из «n» измерений), вычисляемая по формуле:

$$X_n = X_{\max} - X_{\min},$$

где  $X_{\max}$  и  $X_{\min}$  – наибольшее и наименьшее значения физической величины в данном ряду измерений.

Средняя квадратическая погрешность результатов единичных измерений в ряду измерений – оценка  $S$  рассеяния единичных результатов измерений в ряду равноточных измерений одной и той же физической величины около среднего их значения вычисляется по формуле:

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (X_i - \bar{X})^2}{n-1}},$$

где  $X_i$  – результат  $i$  единичного измерения  $\bar{X}$  – среднее арифметическое значение измеряемой величины из «n» единичных измерений.

Средняя квадратическая погрешность результата измерений среднего арифметического – оценка  $S_{\bar{X}}$  случайной погрешности среднего арифметического значения результата измерений одной и той же величины в данном ряду измерений, вычисляемая по формуле:

$$S_{\bar{X}} = \frac{S}{\sqrt{n}} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (X_i - \bar{X})^2}{n(n-1)}},$$

где  $S$  – средняя квадратическая погрешность результатов единичных измерений.

Точность результата измерений – одна из характеристик качества измерения, отражающаяся близость к нулю погрешности результата измерения.

#### **4.2.8. Погрешности средств измерений**

Погрешность средства измерений – разность между показанием средства измерений и истинным значением измеряемой величины.

Точность средства измерений – характеристика качества средства измерений, отражающая близость его погрешности к нулю.

Класс точности средств измерений – обобщенная характеристика данного типа средств измерений, как правило, отражающая уровень их точности, выражаемая пределами допускаемых основной и дополнительных погрешностей, а также другими характеристиками, влияющими на точность.

Предел допускаемой погрешности средства измерений – наибольшее значение погрешности средств измерений, устанавливаемое нормативным документом для данного типа средств измерений, при котором оно еще признается годным к применению.

Нормируемые метрологические характеристики типа средства измерений – совокупность метрологических характеристик данного типа средств измерений, устанавливаемая нормативными документами на средства измерений.

#### **4.2.9. Условия измерений**

Нормальные условия измерений – условия измерения, характеризующие совокупностью значений или областей значений влияющих величин, при которых изменением результата измерений пренебрегают вследствие малости. Эти условия устанавливаются в нормативных документах на средства измерений конкретного типа или при калибровке (поверке). Нормируются температура, давление, влажность.

#### **4.2.10. Эталоны единиц физических величин**

Эталон – средство измерений (или комплекс средств измерений), предназначенное для воспроизведения и (или) хранения единицы и передачи ее размера нижестоящим по поверочной схеме средствам измерений и утвержденное в качестве эталона в установленном порядке.

Первичный эталон – эталон, обеспечивающий воспроизведение единицы с наивысшей в стране (по сравнению с другими эталонами той же единицы) точностью.

Вторичный эталон – эталон, получающий размер единицы непосредственно от первичного эталона данной единицы.

Исходный эталон – эталон, обладающий наивысшими метрологическими свойствами (в данной лаборатории, организации, на предприятии), от которого передают размер единицы подчиненным эталонам и имеющимся средствам измерений.

Рабочий эталон – эталон, предназначенный для передачи размера единицы рабочим средствам измерений.

Государственный первичный эталон – первичный эталон, признанный решением уполномоченного на то государственного органа в качестве исходного на территории государства.

Национальный эталон – эталон, признанный официальным решением служить в качестве исходного для страны.

Международный эталон – эталон, принятый по международному соглашению в качестве международной основы для согласования с ним размеров единиц, воспроизводимых и хранимых национальными эталонами.

Эталонная база страны – совокупность государственных первичных и вторичных эталонов, являющаяся основой обеспечения единства измерений в стране.

Эталонная установка – измерительная установка входящая в состав эталона.

Поверочная установка – измерительная установка, укомплектованная рабочими эталонами и предназначенная для поверки рабочих средств измерений и подчиненных рабочих эталонов.

#### **4.2.11. Метрологическая служба и ее деятельность**

Единство измерений – состояние измерений, характеризующееся тем, что их результаты выражаются в узаконенных единицах, размеры которых в установленных пределах равны размерам единиц, воспроизводимых первичными эталонами, а погрешности результатов измерений известны с заданной вероятностью не выходят за установленные пределы.

Обеспечение единства измерений – деятельность метрологических служб, направленная на достижение и поддержание единства измерений в соответствии с законодательными актами, а также правилами и нормами, установленными государственными стандартами и другими нормативными документами по обеспечению единства измерений.

Государственная система обеспечения единства измерений (ГСИ) – комплекс нормативных документов межрегионального и межотраслевого уровней, устанавливающих правила, нормы, требования, направленные на достижение и поддержание единства измерений в стране (при требуемой точности), утверждаемых Госстандартом страны.

Метрологическая служба – служба, создаваемая в соответствии с законодательством для выполнения работ по обеспечению единства измерений и для осуществления метрологического контроля и надзора.

Государственная метрологическая служба (ГМС) – метрологическая служба, выполняющая работы по обеспечению единства измерений в стране на межрегиональном и межотраслевом уровне и осуществляющая государственный метрологический контроль и надзор. Она включает государственные научные метрологические центры и органы государственной метрологической службы на территориях субъектов страны.

Метрологическая служба государственного органа управления – метрологическая служба, выполняющая работы по обеспечению единства измерений и осуществляющая метрологический контроль и надзор в пределах данного министерства (ведомства). Ранее это была ведомственная метрологическая служба.

Метрологическая служба юридического лица – метрологическая служба, выполняющая работы по обеспечению единства измерений и осуществляющая метрологический контроль и надзор на данном предприятии (в организации).

Государственный метрологический контроль – деятельность, осуществляемая государственной метрологической службой по утверждению типа средств измерений, поверке средств измерений (включая рабочие эталоны), по лицензированию деятельности юридических и физических лиц по изготовлению, ремонту, продаже и прокату средств измерений.

Государственный метрологический надзор – деятельность, осуществляемая органами государственной метрологической службы по надзору за выпуском, состоянием и применением средств измерений (включая рабочие эталоны), за аттестованными методиками измерений, соблюдением метрологических правил и норм, за количеством товаров при продаже, а также за количеством фасованных товаров в упаковках любого вида при их расфасовке и продаже.

Испытания средств измерения – обязательные испытания образцов средств измерений в сферах распространения государственного метрологического контроля и надзора с целью утверждения типа средств измерений.

Поверка средств измерений – установление органом государственной метрологической службы (или другим официально уполномоченным органом, организацией) пригодности средства измерений к применению на основании экспериментально определяемых метрологических характеристик и подтверждение их соответствия установленным обязательным требованиям. По результатам поверки ставится поверительное клеймо или выдается свидетельство по поверке.

Первичная поверка средств измерений – поверка выполняется при выпуске средства измерений из производства или после ремонта, а также при ввозе средств измерений из-за границы партиями, при продаже.

Периодическая поверка средств измерений – поверка средств измерений, находящихся в эксплуатации или на хранении, выполняемая через установленные межповерочные интервалы времени.

Внеочередная проверка средств измерений – поверка средства измерений, проводимая до наступления срока его очередной периодической поверки.

Инспекционная поверка средств измерений – поверка проводимая органом государственной метрологической службы при проведении государственного надзора за состоянием и применением средств измерений.

Калибровка средств измерений – совокупность операций, устанавливающих соотношение между значением величины, полученным с помощью данного средства измерений и соответствующим значением величины, определенным с помощью эталона с целью определения действительных метрологических характеристик этого средства измерений.

Сертификационные испытания средств измерений – контрольные испытания средств измерений, проводимые с целью установления соответствия характеристик их свойств национальным и (или) международным нормативным документам.

Нормативные документы по обеспечению единства измерений – государственные стандарты, международные (региональные) стандарты, правила, положения, инструкции и рекомендации, содержащие нормы и требования по обеспечению единства измерений.

### **4.3. Основные задачи метрологического обеспечения на государственном уровне**

Основные задачи метрологического обеспечения на государственном уровне решаются Госстандартом и его органами. Направления деятельности следующие:

- Определение основных направлений развития метрологии и путей наиболее эффективного использования научных и технических достижений в этой области, разработка научно-методических и организационных основ метрологического обеспечения на всех уровнях управления народным хозяйством.

Этот комплекс задач решается Госстандартом совместно с министерствами, ведомствами, академиями наук.

- Создание системы государственных эталонов единиц физических величин (их разработка, утверждение, совершенствование и хранение).

Государственные эталоны – основа всех измерений в народном хозяйстве. Это задача установления единой системы передачи размеров единиц физических величин от государственных эталонов всем средствам измерений, создание и совершенствование рабочих эталонов и образцовых средств измерений высшей точности. Образцовые средства измерений – основа передачи размеров единиц физических величин от эталонов к рабочим средствам измерений.

- Планирование и проведение государственных испытаний средств измерений, утверждение средств измерений, допущенных к применению в России.

При этом средства измерений выступают как продукция предприятия. Поэтому государственные испытания средств измерений является эффективным инструментом повышения технического уровня и качества этого вида продукции предприятий, разрабатываемых средства измерения.

- Государственная поверка средств измерения, надзор за производством, состоянием, применением и ремонтом средств измерений и соблюдения метрологических правил, а также за работой ведомственных метрологических служб.

- Развитие и совершенствование стандартизации в области метрологического обеспечения. Стандартизацией пронизываются все основные виды деятельности в сфере метрологического обеспечения во всех отраслях народного хозяйства. Стандартизация создает нормативную основу обеспечения единства и требуемой точности измерений. Вопросы стандартизации будут рассмотрены несколько позднее.

- Развитие государственной службы стандартных справочных данных.

Эта служба призвана обеспечивать потребности всех предприятий в достоверных, прошедших метрологическую оценку, справочных данных о значениях физических констант, свойствах веществ и материалов.

- Организация работ в области международного сотрудничества по метрологии, обеспечению единства и требуемой точности измерений, необходимых для сертификации продукции при международной торговле, научно-технического и экономического сотрудничества.

- Организация и осуществление подготовки кадров в области метрологии, стандартизации и сертификации продукции (услуг). Поэтому при Госстандарте России есть своя общеобразовательная академия. Филиал такой академии есть в Томске.

- Аккредитация метрологических служб на право поверки СИ и калибровки.

- Ведение государственного реестра СИ.

На ведомственном уровне метрологическая служба разделялась на метрологическую службу министерств (ведомств) и предприятий. В новых условиях все вопросы ведомственного метрологического обеспечения решаются в основном на предприятиях и объединениях и называются государственной службой юридического лица. Основные задачи метрологического обеспечения на предприятиях следующие:

- Определение основных направлений развития метрологического обеспечения производства.

- Разработка и внедрение государственных стандартов, технических условий, методик выполнения измерений и их аттестация, требований к средствам измерений.

- Установление оптимальной номенклатуры измеряемых параметров и норм точности измерений, обеспечивающих достоверность входного и приемочного (выходного) контроля продукции, а также эффективности управления режимами технологических процессов и оборудованием. Последнее связано с тем, что обеспечение высокого качества продукции с наименьшими затратами всегда требует рационального выбора параметров технологического контроля. Трудоемкость техно-

логического контроля превышает 10 % общей трудоемкости производства продукции. Поэтому вопросы оптимизации технологического контроля являются важнейшими на каждом предприятии.

- Обеспечение производства современными средствами измерений, стандартными образцами и т. д.

- Организация и обеспечение метрологического обслуживания (всех средств измерения, разработки локальных поверочных схем, обеспечение поверочной аппаратурой, установление оптимальных межповерочных интервалов применяемых средств измерений, обеспечение ремонта, юстировки, наладки и поверки средств измерений).

- Проведение метрологической экспертизы всех проектов нормативно-технической, конструкторской и технологической документации.

- Подготовка и повышение квалификации кадров по метрологии, стандартизации и сертификации продукции.

- Организация и ведение поверки и метрологической аттестации средств измерений.

- Обеспечение условий выполнения измерений, установленных нормативной документацией (ТУ, ГОСТ, методики в соответствии с ГОСТ Р 8.563–96).

- Нормативные основы метрологического обеспечения.

Регламентация метрологических требований, правил, положений и норм, организация и порядок проведения работ по достижению единства измерений в стране изложены в системе Государственных стандартов обеспечения единства измерений (ГСИ) и других нормативных документах.

Система стандартов ГСИ и НД по метрологии четко определяет цели и задачи метрологических организаций, метрологических отделов предприятий.

Одним из основных требований ГСИ является требование о том, чтобы для каждого результата измерений, используемого на практике, была известна погрешность измерений. Это связано с тем, что результаты измерений используются для:

- принятия решений по управлению технологическими процессами производства;
- оценки качества продукции;
- оценки технического уровня разрабатываемой продукции;
- определения эффективности производства.

Госстандарт осуществляет руководство по ГСИ. Для обеспечения этого он имеет соответствующее техническое обеспечение (эталонные, поверочное оборудование и соответствующие метрологические службы как базы для практического внедрения и контроля нормативных документов).

Объектами регламентации общетехнических стандартов и НД являются:

- система единиц;
- терминология в области метрологии;
- общие требования к системам воспроизведения и передачи размеров единиц;
- общие методы представления измерительной информации;
- общие методы представления, экспериментальной оценки и расчета точности измерений;
- общие методы нормирования, экспериментального определения и контроля метрологических характеристик средств измерений;
- общие требования к методикам измерений, испытаний и контроля;
- общие требования к методикам поверки, метрологической аттестации и испытаний средств измерений;
- метрологическая классификация измерений;
- государственные эталоны и государственные поверочные схемы;
- методики поверки (метрологической аттестации) средств измерений;
- метрологические правила, нормы, положения и требования к информационно-измерительным системам;
- метрологические правила, нормы, положения и требования государственной службы стандартных справочных данных (ГСССД) и государственной службы стандартных образцов (ГССО);
- общие требования к организации и порядку выполнения работ по обеспечению единства измерений;
- организация и порядок проведения государственного метрологического надзора (испытаний, поверки и метрологической аттестации) средств измерений;
- организация и порядок стандартизации и аттестации методик измерений, испытаний и контроля в соответствии с ГОСТ Р 8.563–96 «Методики выполнения измерений».

Все нормативно-технические, проектные, конструкторские и технологические документы должны проходить метрологическую экспертизу и соответствовать ГСИ. Нормативная база ГСИ очень большая. Она начитывает более 1200 нормативно-технических документов, в числе которых около 100 основополагающих стандартов, 150 стандартов устанавливают требования к метрологическим характеристикам и составу государственных эталонов. Наибольшую долю этих нормативных документов составляют методики поверки, в которых четко регламентированы средства и методы поверки, алгоритмы ее проведения, обработки результатов измерений и поверки. Таких документов 850.



Кроме этих документов, в области метрологии разрабатываются методические указания разного ранга (госстандартовские, ведомственные и предприятий) для обеспечения единства измерений. Вопросы обеспечения единства измерений регулируются также законодательными актами. Основным является Постановление Совета Министров СССР № 20 от 4 апреля 1983 г. «Об обеспечении единства измерений». Этим Постановлением определены основные принципы деятельности в области метрологического обеспечения и установлена система правового обеспечения единства измерений в стране. Особое внимание обращено на то, что лица, на которые возлагаются работы по поверке средств измерений, должны быть аттестованы в качестве государственных или ведомственных поверителей. Специально отмечено, что выпуск, обращение и применение СИ, непрошедших государственные испытания или метрологическую аттестацию, а также неуполномоченных и неисправных запрещается. Должностные лица, виновные в нарушении этих условий, несут ответственность в соответствии с действующим законодательством.

Важным документом также является Постановление Совета Министров СССР № 28 от 28 сентября 1983 г. «О государственном надзоре за стандартами и средствами измерений», в котором определены цели и задачи Государственного надзора, система органов его осуществляющих, обязанности и права этих органов, определены правовые меры воздействия, которые могут применять органы госнадзора в отношении предприятий, организаций и лиц, виновных в нарушении метрологических правил.

#### **4.4. Государственная метрологическая служба**

Государственная метрологическая служба возглавляется Госстандартом России. В ее состав входят:

1. Семь государственных научно-метрологических центров:
  - Всероссийский научно-исследовательский институт метрологической службы (ВНИИМС г. Москва);
  - НПО «ВНИИ метрологии имени Д.И. Менделеева» (ВНИИМ, г. Санкт-Петербург);
  - НПО «ВНИИ физико-технических и радиотехнических измерений» (ВНИИФТРИ, Московская область);
  - Сибирский государственный научно-исследовательский институт метрологии (СНИИМ, г. Новосибирск);
  - Уральский научно-исследовательский институт метрологии (УНИИМ, г. Екатеринбург);
  - НПО ВНИИ оптико-физических измерений (ВНИИОФИ, г. Москва);
  - Всероссийский НИИ по материалам и веществам (ВНИЦМВ, г. Москва).

2. Главные центры государственных эталонов (ВНИИМ, ВНИИМС, ВНИИФТРИ, СНИИМ, Казанский филиал ВНИИФТРИ).

3. Центры государственных эталонов (ВНИИМС, УНИИМ, НПО «Даль-стандарт», г. Хабаровск, НПО «Система», НПО «Эталон», г. Иркутск, ВНИИ расходомерии, г. Казань.

Главный центр государственной метрологической службы ВНИИМС осуществляет разработку научно-методических, технико-экономических, организационных и правовых основ метрологического обеспечения и научно-методическое руководство:

- метрологической службой России;
- разработкой межотраслевых и комплексных программ метрологического обеспечения;
- развитием эталонной базы и образцовых средств измерений;
- проведением государственных испытаний;
- государственным надзором и контролем за состоянием и применением средств измерений и метрологическим обеспечением разработки, производства, испытаний и эксплуатации продукции;
- стандартизацией в области обеспечения единства измерений;
- созданием и внедрением автоматизированной информационно-управляющей системы государственной метрологической службы;
- работами по международному сотрудничеству в области метрологии;
- подготовкой и повышением квалификации кадров в области метрологии.

Главные центры государственных эталонов осуществляют координацию и выполнение фундаментальных научных исследований и научно-исследовательских работ в области теоретических основ метрологии, по изысканию новых физических эффектов с целью создания и совершенствования методов и средств измерений высшей точности, а также определения значений фундаментальных физических констант. Кроме того, они совместно с центрами государственных эталонов:

- осуществляют разработку и совершенствование комплексов государственных и рабочих эталонов и исходных образцовых средств измерений по закрепленным за ними видами измерений;
- обеспечивают воспроизведение размеров единиц физических величин и их передачу рабочим эталонам и исходным образцовым средствам измерений, находящимся в ведении государственной и ведомственной метрологической службы;
- проводят государственное испытание СИ, разрабатывают нормативную документацию на методы и средства поверки СИ, дают и контролируют заключения на проекты стандартов о метрологическом обеспечении

печении стандартных объектов и выполняют другие работы по совершенствованию метрологического обеспечения и деятельности метрологической службы по закрепленным за ними методам измерений.

- ВНИИЦМВ осуществляет:
- научно-методическое руководство государственной службой стандартных справочных данных, координацию деятельности головных и базовых организаций (центров данных) ГСССД по разработке и оценке достоверности данных;
- организацию экспертизы и научно-методическое руководство аттестацией данных;
- разработку стандартных справочных данных;
- организацию оперативного обеспечения народного хозяйства достоверными данными.

Главный центр стандартных образцов веществ и материалов (УНИИМ) осуществляет:

- научно-методическое руководство государственной службой стандартных образцов веществ и материалов, координацию деятельности предприятий и организаций по выпуску и порядку применения стандартных образцов;
- экспертизу и аттестацию типов стандартных образцов веществ и материалов, выпускаемых в России;
- изготовление и аттестацию стандартных образцов веществ и материалов.

Государственные эталоны сосредоточены:

ВНИИМ – длины, массы, механических, теплофизических, электрических, магнитных величин, ионизирующих излучений, давления, физико-химического состава и свойств веществ.

ВНИИФТРИ – радиотехнических и магнитных величин, времени и частоты, акустических и гидроакустических величин, низких температур, твердости.

ВНИИОФИ – оптических и оптико-физических величин, акустико-оптической спектрорадиометрии, измерениям в медицине, измерения параметров лазеров.

СНИИМ и ВНИИМС – геометрическим, электрическим величинам, давлению, параметрах электромагнитной совместимости.

ВНИИ расходомерии – расход и объем веществ.

НПО «Эталон» – региональные эталоны времени и частоты, электрических величин.

НПО «Дальстандарт» – Времени и частоты, теплофизических величин.

В России хранится около 120 государственных эталонов, самое большое их количество находится во ВНИИМ.

## 5. ФИЗИЧЕСКИЕ ЕДИНИЦЫ И ИХ ИЗМЕРЕНИЕ. ВИДЫ И МЕТОДЫ ИЗМЕРЕНИЙ. СИСТЕМЫ ЕДИНИЦ ФИЗИЧЕСКИХ ВЕЛИЧИН

### 5.1. Физические единицы и их измерение

Физическая единица – это физическая величина, которой по определению присвоено числовое значение, равное 1.

Единицы величин начали появляться с того времени, когда у человека возникла необходимость выразить что-либо количественно. В начале это выражалось количеством предметов, т. е. одной штукой. В дальнейшем появилась необходимость количественно выразить объекты, не поддающиеся штучному счету (жидкости, сыпучие тела и т. д.). Появляются меры объема, меры длины, такие как пядь, ступень, локоть, шаг. Время в начале измеряли сутками.

По мере развития науки и техники появилась необходимость перехода к более воспроизводимым единицам и создания метрических мер. В 1790 г. во Франции было принято решение о создании новых мер, применяемых для всех наций. За единицу длины было предложено считать десятиmillionную часть четверти меридиана Земли, прошедшего через Париж. Эту единицу называли метром. За единицу массы принята масса 1 дм<sup>3</sup> чистой воды при температуре 4 °С и была названа килограммом. Но и эти единицы оказались не точными.

Наличие большого количества единиц и различное их трактование в различных странах создавали трудности общения. Поэтому возникла необходимость в создании определенной системы единиц.

В 1832 г. немецкий математик Гаусс показал, что если выбрать независимо единицы измерения трех величин: длины, массы и времени, то можно установить единицы измерения всех физических величин. Совокупность единиц, образованных по принципу, предложенному Гауссом, получила название системы единиц. В системе единиц различают основные, производные и дополнительные единицы. Кроме системных единиц, всегда существовали и существуют в обращении внесистемные единицы, такие как лошадиная сила, киловатт, техническая атмосфера и др. У Гаусса за основные единицы были выбраны: единица длины – миллиметр, единица массы – миллиграмм, единица времени – секунда.

В 1881 г. по предложению английского ученого Томсона система Гаусса была модифицирована и принята Первым международным конгрессом как система СГС, где основными единицами были выбраны: длина – сантиметр, масса – грамм, время – секунда. Эта система как система Гаусса существует и до сих пор и получила название физической системы единиц, т. к. в основном применяется в физике.

В 1901 г. по предложению итальянского инженера Джовани Дюориси была принята система МКС (практическая), т. к. все единицы этой системы взяты из практического применения. За основание единицы приняты: единица длины – метр, единица массы – килограмм, единица времени – секунда.

1 метр был определен как одна сорокамиллионная доля длины земного меридиана, проходящую через Париж, 1 кг – масса 1 дм<sup>3</sup> чистой воды при 4 °С, 1 секунда – интервал времени, равный  $\frac{1}{86400}$  средних солнечных суток.

Существовала еще система МКГСС, где за основные единицы выбраны: единица длины – метр, единица силы – кГ и единица времени – секунда, которая была введена во второй половине XIX в.

В 1922 г. во Франции была введена система МТС (единица длины – метр, единица массы – тонна, единица времени – секунда). В СССР эта система применялась с 1927 года.

Автоматически распространить механические системы единиц, рассмотренные выше, на область электрических и магнитных явлений невозможно. Поэтому появились системы единиц СГСЭ, СГСМ, МКСА, в которых предусмотрены еще дополнительные основные единицы. В системе СГСЭ диэлектрическая проницаемость среды, в системе СГСМ – магнитная проницаемость среды, в системе МКСА – сила тока ампер. Диэлектрическая проницаемость в системе СГСЭ и магнитная проницаемость в системе СГСМ безразмерны и равны 1.

Наличие многообразия систем единиц и внесистемных единиц измерения создавало серьезные затруднения в международных, научных и технических общениях. В целях упорядочения вопроса с системой единиц и введения единой рациональной международной системы единиц созывались съезды и генеральные конференции по мерам и весам.

## **5.2. Международная система единиц**

В октябре 1960 г. XI Генеральная конференция по мерам и весам утвердила международную систему единиц (СИ). В этой системе единиц было выбрано шесть основных единиц.

### **5.2.1. Основные единицы СИ**

Единица длины – метр (м) – длина, равная 1 650 763,63 длин волн в вакууме излучения, соответствующая переходу между уровнями 2P<sub>10</sub> и 5d<sub>5</sub> атома криптона – 86 (оранжевое излучение).

Единица массы – килограмм (кг) – масса, равная массе международного прототипа килограмма, который изготовлен из платиноиридиевого сплава, и принятого за эталон I Генеральной конференцией в 1889 г.

Единица времени – секунда (сек) –  $\frac{1}{31556925,9747}$  часть тропическо-

го года для 1900 г., который начался для гринвичского меридиана в 12 часов 1 января 1900 г. Тропический год – это промежуток времени между двумя последовательными прохождениями солнца через точку весеннего равноденствия. Это определение единицы времени устранило неточность ее определения через время суток.

На XIII Генеральной конференции в 1967 г. принято новое определение секунды как время, равное 9 192 631 770 периодом излучения, соответствующего переходу между двумя сверхтонкими уровнями основного состояния атома цезия – 133.

Единица силы электрического тока – ампер как сила не изменяющегося тока, который при прохождении по двум параллельным проводникам бесконечной длины и ничтожно малого кругового сечения, расположенного на расстоянии 1 м один от другого в вакууме, вызывал бы между этими проводниками силу, равную  $7 \cdot 10^{-7}$  Н на каждый метр длины.

Единица термодинамической температуры – Кельвин (К) как  $1/273,16$  часть термодинамической температуры тройной точки воды. Международным комитетом мер и весов допускается применение шкалы Цельсия  $t = T - 273,16$  К.

Единица силы света. В 1960 г. это была свеча и определялась как единица силы света, значение которой принимается таким, чтобы яркость полного излучения при температуре затвердевания платины была равна 60 св. на  $1 \text{ см}^2$ . На XIII Генеральной конференции по мерам и весам в 1967 г. изменено определение силы света на канделу (кд) и определено как сила света, испускаемого с поверхности площадью  $1/600000 \text{ м}^2$  полного излучателя в перпендикулярном направлении при температуре затвердевания платины при давлении 101325 Па.

На XI Генеральной конференции в качестве дополнительных единиц были приняты две единицы.

Радиан – единица плоского угла (рад) – угол между двумя радиусами окружности, дуга между которыми по длине равна радиусу. В градусном выражении радиан равен  $57^{\circ}17'44,8''$ .

Стерadian (ср) – единица телесного угла – это телесный угол с вершиной в центре сферы, вырезавший на поверхности сферы площадь, равную площади квадрата со стороной, по длине равной радиусу сферы.

XIV Генеральная конференция по мерам и весам в 1971 г. приняла седьмую основную единицу – моль.

Моль – единица количества вещества – количество вещества системы, содержащей столько же структурных элементов, сколько содержится атомов в нуклиде  $^{12}\text{C}$  массой 0,012 кг.

При применении моля структурные элементы должны быть специфицированы. Они могут быть атомами, молекулами, ионами, электронами и другими частицами или специфицированными группами частиц.

В последнее время за единицу длины – метр принята длина пути, которую проходит свет в вакууме за  $1/299792458$  долю секунды.

Единица света – кандела определена как сила света в заданном направлении источника, испускающего монохроматическое излучение частотой  $540 \cdot 10^{12}$  Гц, энергетическая сила которого в этом направлении составляет  $1/683$  вт/ср.

### 5.2.2. Производные единицы СИ

Производные единицы СИ образуются на основании законов, устанавливающих связь между физическими величинами или на основании определений физических величин. При образовании производных единиц СИ, полученная единица имеет наименование, состоящее из наименований исходных единиц. Так, единица скорости устанавливается из уравнения

$$V = \frac{S}{t},$$

где  $S$  – длина пройденного пути за время  $t$ .

Поэтому за единицу скорости принят метр в секунду (м/с), равный скорости прямолинейно и равномерно движущейся точки, при которой эта точка за время 1 с перемещается на расстояние 1 м.

Другой пример, единица удельной теплоемкости вещества устанавливается из уравнения:

$$c = \frac{c}{m},$$

где  $c$  – теплоемкость массы  $m$ .

Единицей удельной теплоемкости является джоуль на килограмм Кельвин [Дж/кг К], равный удельной теплоемкости вещества, имеющей при массе 1 кг теплоемкость 1 Дж/К.

В некоторых случаях для выражения производных единиц СИ приняты собственные наименования, которые даны в большинстве случаев по имени ученых, например Ньютон.

Рассмотрим производные единицы по разделам физики.

#### **Производные единицы СИ пространства и времени**

Единица площади – квадратный метр, равный площади квадрата со сторонами, длины которых равны 1 м.

Единица объема и вместимости – это кубический метр ( $\text{м}^3$ ), равный объему куба с ребрами, длина которых равна 1 м.

Единица ускорения – это  $\text{м}/\text{с}^2$ , равный ускорению прямолинейно равноускоренно движущейся точки, при котором за время 1 с скорость возрастает на 1 м/с.

Единицей частоты периодического процесса является герц (Гц), равный частоте периодического процесса, при которой за время 1 с происходит один цикл периодического процесса.

Единицей угловой скорости является радиан в секунду (рад/с), равный угловой скорости равномерно вращающегося тела, при которой за время 1 с совершается поворот тела относительно оси вращения на угол 1 рад.

Единицей углового ускорения является рад/с<sup>2</sup>, который равен угловому ускоренному равноускоренно вращающегося тела, при котором за 1 с угловая скорость тела возрастает на 1 рад/с.

### **Производные единицы СИ механических величин**

Единицей плотности является кг/м<sup>3</sup>, равный плотности однородного вещества, масса которого при объеме 1 м<sup>3</sup> равна 1 кг.

Единицей удельного объема является м<sup>3</sup>/кг, равный удельному объему однородного вещества, объем которого при массе 1 кг равен 1 м<sup>3</sup>.

Единица силы – ньютон – это сила, сообщающая телу массой 1 кг ускорение 1 м/с<sup>2</sup> в направлении действия силы.

Единица давления, (напряжения) – паскаль, равный давлению, вызываемому силой 1 Н, равномерно распределенной по нормальной к ней поверхности площадью 1 м<sup>2</sup>.

Единица динамической вязкости – паскаль, секунда, равная динамической вязкости среды, касательное напряжение в которой при ламинарном течении и при разности скоростей слоев, находящихся на расстоянии 1 м по нормали к направлению скорости 1 м/с, равно 1 Па.

Единица кинематической вязкости – м<sup>2</sup>/с, равная кинематической вязкости, при которой динамическая вязкость среды плотностью 1 кг/м<sup>3</sup>, равна 1 Па·с.

Единица работы – джоуль, равный работе, совершаемой при перемещении точки приложения силы 1 Н на расстоянии 1 м в направлении действия силы.

Единица мощности – ватт, равной мощности, при которой за время 1 с совершается работа 1 Дж.

### **Производные единицы СИ электрических и магнитных величин**

Единица количества электричества (электрического заряда) – кулон, равной количеству электричества, проходящему через поперечное сечение при токе силой 1 А за время 1 с.

Единица электрического напряжения – вольт, равная электрическому напряжению на участке электрической цепи, при котором в участке проходит постоянный ток силой 1 А и затрачивается мощность 1 Вт.

Единица напряженности электрического поля – вольт на метр, равная напряженности однородного электрического поля, при которой между двумя точками, находящимися на линии напряженности поля на расстоянии 1 м, создается разность потенциалов 1 В.



Единица электрической емкости – фарада, равная электрической емкости конденсатора, при которой заряд 1 Кл создает на конденсаторе напряжение 1 В.

Единица электрического сопротивления – Ом, равная электрическому сопротивлению участка электрической цепи, при котором постоянный ток силой 1 А вызывает падение напряжения 1 В.

Единица потока магнитной индукции – равная магнитному потоку, при убывании которого до нуля в сцепленной с ним электрической цепи сопротивлением 1 Ом через поперечное сечение проводника проходит количество электричества 1 Кл.

Единица индуктивности – равная индуктивности электрической цепи, с которой при силе постоянного тока в ней 1 А сцепляется магнитный поток 1 Вб.

Единица магнитной индукции – тесла, равная магнитной индукции, при которой магнитный поток сквозь поперечное сечение площадью 1 м<sup>2</sup> равен 1 Вб.

Единица напряженности магнитного поля – ампер на метр, равная напряженности магнитного поля в центре длинного соленоида с равномерно распределенной обмоткой, по которой проходит ток силой 1/n А, где n – число витков на участке соленоида длиной 1 м.

Единица магнитодвижущей силы – ампер, равная магнитодвижущей силе вдоль замкнутого контура, сцепленного с цепью постоянного тока силой 1 А.

#### Производные единицы световых величин

Единица светового потока – равная световому потоку, испускаемому точечным источником в телесном угле 1 ср при силе света 1 кд.

Единица яркости на квадратный метр, равная яркости равномерно священной плоской поверхности площадью 1 м<sup>2</sup> в перпендикулярном к ней направлении при силе света 1 кд.

Единица освещенности – равная освещенности поверхности площадью 1 м<sup>2</sup> при световом потоке падающего на нее излучения, равном 1 лм.

Все производные единицы системы единиц СИ приведены в табл. 1.

Появляются и другие производные единицы, которые выражаются через представленные в ГОСТ 9867 основные, дополнительные и производные единицы.

В целом, в технике разделяют на следующие категории единицы физических величин:

- единицы пространства и времени;
- единицы механических величин;
- единицы электрических и магнитных величин;
- единицы тепловых величин;
- единицы количества вещества;
- единицы световых величин;

- единицы акустических величин;
- единицы ионизирующих излучений.

Международная система единиц является наиболее совершенной и универсальной. Поэтому неслучайно международная организация по стандартизации (ИСО), организация объединенных наций по образованию, науке и культуре (ЮНЕСКО), международная организация законодательной метрологии (МОЗМ) и другие международные организации рекомендуют ввести в законодательном порядке ее в действие во всех странах.

Допускается применение также следующих единиц:

- масса – тонна, Т;
- время – минута, 60 с, мин;
- час, 360 с, ч;
- сутки, 86 400 с, сут;
- плоский угол – градус, °, П/180 рад =  $1,745329 \cdot 10^{-2}$  рад;
- минута, <sup>I</sup>, П/10800 рад =  $2,908882 \cdot 10^{-4}$  рад;
- секунда, <sup>II</sup>, П/648000 рад =  $4,848137 \cdot 10^{-6}$  рад;
- площадь – гектар, га = 104 м<sup>2</sup>;
- объем вместимости – литр, л = 10<sup>-3</sup> м<sup>3</sup>;
- температура Цельсия °С.

Таблица 1

*Производные единицы по ГОСТ 9867–61 (международная система единиц)*

Наименование величины	Единица измерения	Обозначение	
		русское	междун.
1	2	3	4
площадь	квадратный метр	м <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>
объем	кубический метр	м <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>
частота	герц	Гц	Hz
плотность (объемная масса)	килограмм на куб. метр	кг/м <sup>3</sup>	kg/m <sup>3</sup>
скорость	метр в секунду	м/с	m/s
угловая скорость	радиан в секунду	рад/с	rad/s
ускорение	метр на секунду в квадрате	м/с <sup>2</sup>	m/s <sup>2</sup>
угловое ускорение	радиан на секунду в квадрате	рад/с <sup>2</sup>	rad/s <sup>2</sup>
сила	ньютон	Н	N
давление (механическое напряжение)	ньютон на квадратный метр	Н/м <sup>2</sup>	N/m <sup>2</sup>
динамическая вязкость	ньютон · секунда на кв. метр	Нс/м <sup>2</sup>	Ns/m <sup>2</sup>
кинематическая вязкость	квадратный метр на секунду	м <sup>2</sup> /с	m <sup>2</sup> /s
работа, энергия, колич. теплоты	джоуль	Дж(Нм)	J
мощность	ватт	Вт(дж/с)	W
количество электричества (заряд)	кулон	Кл	C

Продолжение табл. 1

Наименование величины	Единица измерения	Обозначение	
		русское	междун.
электрическое напряжение, разность потенциалов, ЭДС	вольт	В	V
напряженность электрического поля	вольт на метр	В/м	V/m
электрическое сопротивление	ом (В/А)	Ом	$\Omega$
поток магнитной индукции	вебер (М·Ом)	Вб	Wb
электрическая емкость	фарада (М/В)	Ф	F
индуктивность	генри (Вб/А)	Г	H
магнитная индукция	тесла (Вб/м <sup>2</sup> )	Т	T
напряженность магнитного поля	ампер на метр (А/м)	А/м	A/m
магнитодвижущая сила	ампер	А	A
световой поток	люмен (кд. ср)	лм	lm
яркость	кандела на квадратный метр или нит	кд/м <sup>2</sup> нт	cd/m <sup>2</sup> nt
освещенность	люкс (лм/м <sup>2</sup> )	лк	lx

В технике много еще приводится размерностей в других системах единиц, но в последние годы все страны переходят на международную систему единиц.

Разрешено также к применению следующих единиц:

- длина – ангстрем =  $10^{-10}$  м (Å);
- морская миля = 1 852 м (м. миля);
- масса – карат =  $2 \cdot 10^{-4}$  кг, кар;
- центнер = 100 кг, ц;
- скорость – узел (0,514444 м/с), уз;
- частота вращения – оборот в секунду ( $1\text{с}^{-1}$ ) об/с;
- оборот в минуту (1/60 с) об/мин;
- давление – мм.рт.ст. = 133,322 Па;
- бар=105 Па;
- мощность – лошадиная сила, л.с. = 735,499 Вт;
- количества теплоты – калория = 4,1868 Дж;
- доза излучения – рад = 0,01 Дж/кг;
- бэр = 0,01 Дж/кг;
- рентген =  $2,58 \cdot 10^{-4}$  Кл/кг, Р;
- активность нуклида-кюри =  $3,7 \cdot 10^{10}$  с, Ки.

Иногда используют и другие уже устаревшие единицы (сажень, аршин, фут, дюйм и др.). Переводные коэффициенты их в СИ имеются в справочниках.

В международной практике разрешено применение кратных и дольных единиц.

*Кратные и дольные единицы*

кратные	дольные
тера= $10^{12}$ , Т	деци= $10^{-1}$ , д
гига= $10^9$ , Г	санти= $10^{-2}$ , с
мега= $10^6$ , М	милли= $10^{-3}$ , м
кило= $10^3$ , к	микро= $10^{-6}$ , мк
гекто= $10^2$ , г	нано= $10^{-9}$ , н
дека=10, да	пико= $10^{-12}$ , п
	фемто= $10^{-15}$ , ф
	атто= $10^{-18}$ , а

## 6. ОСНОВЫ ГОСУДАРСТВЕННОГО НАДЗОРА И ВЕДОМСТВЕННОГО КОНТРОЛЯ ЗА СРЕДСТВАМИ ИЗМЕРЕНИЙ

### 6.1. Средства измерений

Средства измерений представляют собой технические средства, служащие для определения размеров измеряемых величин и имеющие нормированные метрологические свойства. Основными видами средств измерений являются меры, измерительные преобразователи, измерительные приборы, измерительные установки и системы, измерительные принадлежности.

Мера – это средство измерения, предназначенное для получения значений измеряемой физической величины в установленном диапазоне заданных размеров, и известны с необходимой точностью. На практике используют однозначные и многозначные меры, наборы и магазины мер. Многозначные меры воспроизводят несколько размеров физической величины, например миллиметровая линейка дает возможность выразить длину предмета в миллиметрах и сантиметрах. Набор мер представляет собой комплект однородных мер разного размера, что дает возможность применять их в нужных сочетаниях (набор гирь). Магазин мер – сочетание мер, объединенных конструктивно в одно механическое целое, в котором предусмотрена возможность посредством ручных или автоматизированных переключателей, связанных с отчетным устройством. Соединять составляющие магазин меры в нужном сочетании (магазин сопротивлений). К однозначным мерам относятся стандартные образцы и стандартные вещества.

Стандартный образец – это образец вещества (материала) с установленными в результате метрологической аттестации значениями одной или более величин, характеризующими свойство или состав этого вещества (материала).

Измерительный преобразователь – техническое средство с нормированными метрологическими характеристиками, служащее для преобразования измеряемой величины в другую величину или измерительный сигнал, удобный для обработки, хранения, дальнейших преобразований, индикации или передачи.

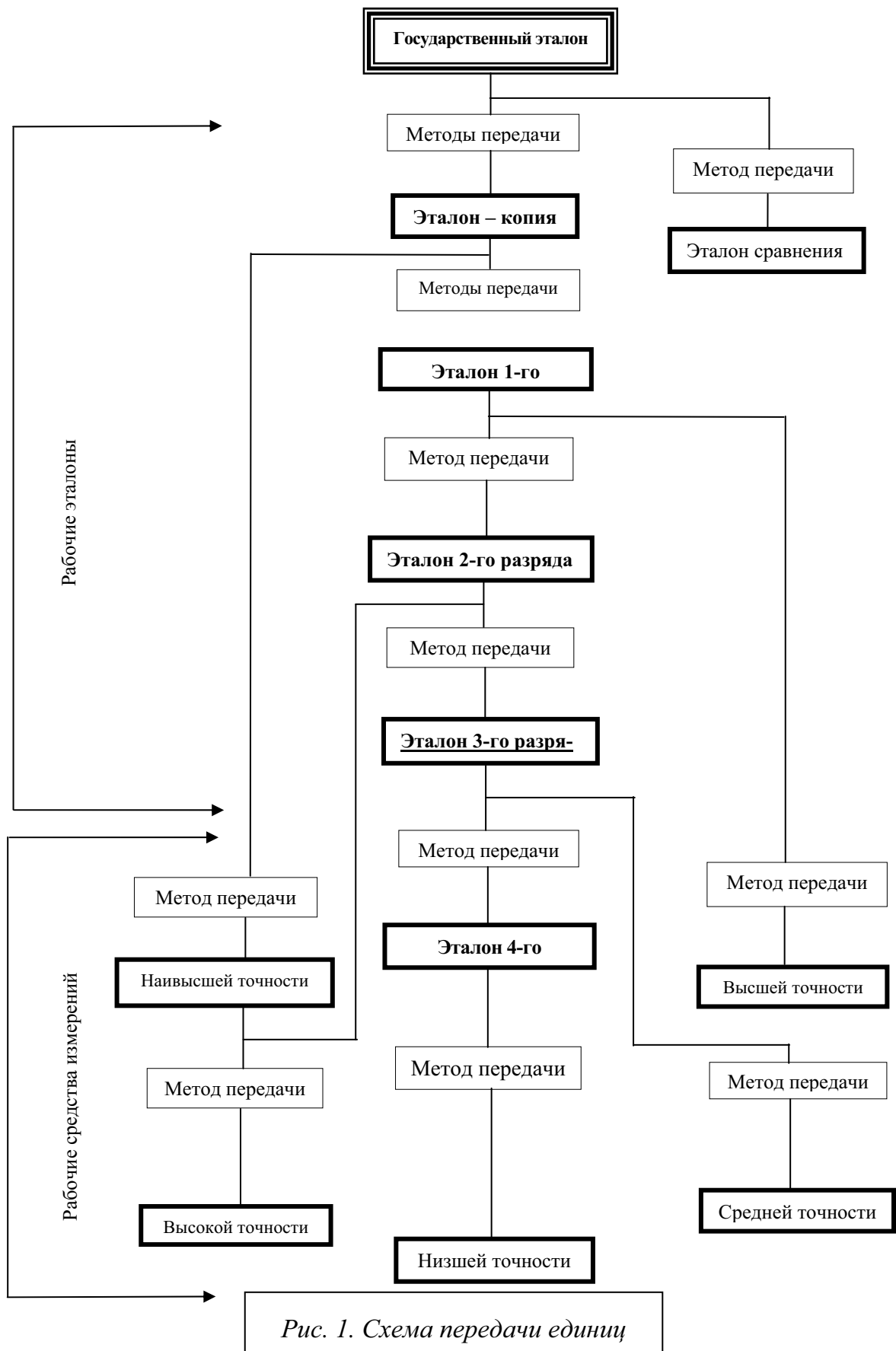
Измерительный прибор – средство измерений, предназначенное для получения значений измеряемой физической величины в установленном диапазоне.

Измерительная установка – совокупность функционально объединенных мер, измерительных приборов, измерительных преобразователей и других устройств, предназначенная для измерений одной или нескольких физических величин и расположенная в одном месте.

Измерительная система – совокупность функционально объединенных мер, измерительных приборов, измерительных преобразователей, ЭВМ и других технических средств, размещенных в разных точках контролируемого объекта и т. п. с целью измерений одной или нескольких физических величин, свойственных этому объекту, и выработки измерительных сигналов в разных целях.

Измерительные принадлежности – это вспомогательные средства, служащие для выполнения измерений с требуемой точностью.

По метрологическому назначению средства измерений делят на рабочие и образцовые средства (эталон). Образцовые средства измерений предназначены для поверки по ним других средств измерений как рабочих. Рабочие средства измерений применяются для измерения в различной деятельности человека. Они могут быть лабораторными, производственными, полевыми. Все образцовые средства измерений подлежат поверке. Сущность разделения средств измерения на рабочие и образцовые лежит не в конструкции и не в точности, а в их назначении. Одно и то же средство измерения может быть рабочим и в качестве образцового для поверки и градуировки другого средства измерения. Тем не менее, к образцовым средствам измерения предъявляются более высокие требования в отношении воспроизводимости и стабильности показаний. Поэтому их обычно хранят в особых условиях и запрещают применять для практических измерений. Различают образцовые средства измерений различной точности. Схема передачи единиц от первичного (государственного) эталона к рабочим средствам измерения приведена на рис. 1, т. е. от эталона единица величины передается разрядным эталонам, а от них рабочим средствам измерений. Обычно эталоны подразделяются на первичные, вторичные и рабочие. Первичные – это международные и национальные эталоны. Вторичные – это эталоны копии, которые утверждаются Госстандартом РФ или государственными научными метрологическими научными центрами.



Классификация средств измерений проводится по:

- принципу действия, в основу которых положены различные физические явления;
- способу образования показаний (показывающие, самопишущие, регистрирующие и т. д.);
- точности;
- способу получения числового значения измеряемой величины (непосредственная оценка и сравнение);
- условиям применения (температура, влажность);
- степени защищенности от влияния внешних магнитных и электрических полей (ГОСТ 1845–59);
- степени устойчивости против механических воздействий и перегрузок;
- стабильности показаний;
- чувствительности;
- пределам и диапазонам измерений.

## **6.2. Государственные испытания средств измерения**

Образцы всех средств измерений, предназначенные для серийного производства, ввоза из-за границы партиями и выпуска их в обращение в России в обязательном порядке подвергаются государственным приемочным испытаниям на различных этапах их выпуска.

Государственным приемочным испытаниям в первую очередь подлежат опытные образцы вновь разработанных средств измерений, подготовленные к передаче производству для основания серийного выпуска. В процессе государственных приемочных испытаний определяются:

- соответствие средства измерения требованиям государственных стандартов и других нормативных документов;
- возможность метрологического обслуживания и практического обеспечения нормативных метрологических характеристик средств измерений нового типа при их серийном производстве и в эксплуатации;
- соответствие метрологических, конструкторских и эксплуатационных характеристик требованиям потребителей;
- метрологические характеристики, подлежащие контролю при выпуске средств измерений нового типа из производства и в эксплуатации, а также периодичность и режимы этого контроля;
- уровень информации и стандартизации элементов средств измерений.

Кроме того, рассматривается технологичность, серийнопригодность, доступность и возможность ремонта (ремонтпригодность). Одновременно выясняются возможности расширения области применения средств

измерений нового типа. Образцы рассматриваются с точки зрения требований техники безопасности и санитарной гигиены, а также инженерной психологии и технической эстетики.

Новому типу средств измерений дается оценка соответствия его уровню мировой измерительной техники и конкурентоспособности на мировом рынке, включая вопросы патентной чистоты и патентоспособности.

Эти испытания проводятся государственными метрологическими организациями или государственными комиссиями, создаваемыми Госстандартом РФ или по согласованию с ним министерствами. К испытаниям по отдельным характеристикам привлекаются специализированные предприятия. При положительных результатах испытаний Госстандарт утверждает тип средства измерения. Обязательным условием организации серийного производства или импорта средств измерений данного типа является официальное удостоверение Госстандарта России об утверждении типа средства измерения к выпуску в обращение в России, выдаваемое организации-изготовителю или организации-импортеру.

При модернизации типа образцы его также подвергаются государственным приемочным испытаниям. Программа и исполнители испытаний определяются Госстандартом в зависимости от объема модернизации. Эти испытания могут проводиться метрологическими институтами или соответствующими органами Госстандарта России. Если модернизация затрагивает существенные свойства и характеристики, то может быть признано целесообразным провести государственные испытания в комиссии. Образцы серийного выпуска средств измерений подвергаются периодическим контрольным испытаниям в порядке контроля качества изготовления и соответствия их утвержденному типу. Эти испытания проводят метрологические организации.

Государственные контрольные испытания образцов СИ могут проводиться по согласованию с Госстандартом базовыми организациями по стандартизации и метрологии. К этим испытаниям привлекаются представители заинтересованных организаций.

В дальнейшем организации Госстандарта периодически или по мере необходимости осуществляют контроль СИ серийного выпуска. Порядок государственных испытаний новых средств измерений регламентируется ГОСТ 8.001–71 «Государственная система обеспечения единства измерений. Организация и порядок проведения государственных испытаний средств измерений».

Типы средств измерений по решению Госстандарта России заносятся в Государственный реестр средств измерений, прошедших государственные испытания. Описания утвержденных типов публикуется в сборниках, издаваемых Госстандартом России.



В 1973 г. утверждена специализация метрологических организаций Госстандарта России по государственным испытаниям СИ. Эта специализация состоит из двух разделов. В первом разделе уточняются функции организации, на которые возложены проведение испытаний и экспертиза материалов. Уточнены функции ведущего метрологического института по государственным испытаниям:

- рассмотрение и утверждение программы государственных испытаний;
- рассмотрение и утверждение НД на методы и средства поверки СИ;
- рассмотрение материалов государственных приемочных испытаний и направление их во ВНИИМС со своим заключением, выводами и предложениями по результатам государственных испытаний.

Во втором разделе приведено разделение ведущих метрологических институтов и организаций по закрепленным за ними видам СИ для государственных испытаний.

Государственные контрольные испытания проводятся территориальными органами государственной метрологической службы по месту расположения предприятий-изготовителей, т. е. ЦСМ.

### **6.3. Аттестация нестандартных средств измерений**

К нестандартным средствам измерений относятся средства измерений, изготовленные в единичных экземплярах, уникальные, не предназначенные для серийного производства, закупленные за границей в количестве нескольких штук. Обычно их изготавливают и применяют в научно-исследовательских институтах. Для обеспечения единства и достоверности измерений с помощью таких технических средств они должны быть аттестованы. Аттестация их проводится в соответствии с ГОСТ 8.326–89.

Метрологическая аттестация это исследование средства измерений, выполняемое метрологическим органом с целью определения его метрологических свойств и выдачи соответствующего документа с указанием полученных данных. При метрологической аттестации нестандартных средств измерений проверяется соответствие их требованиям, ТЗ, ТУ, стандартов ГСИ и пригодность к применению в соответствии с назначением. Кроме того, определяются характеристики этих средств измерений, которые необходимо контролировать в процессе эксплуатации, порядок, методы и средства поверки, межповерочные интервалы. Метрологическая аттестация может быть государственной или ведомственной в зависимости от ее аттестации. Государственной метрологической аттестации подвергается нестандартные средства измерений, подлежащие обязательной государственной поверке.

Ведомственной метрологической аттестации подвергаются:

- нестандартные средства измерений, предназначенные для проведения научно-исследовательских, экспериментальных и опытно-конструкторских работ;
- средства измерений, используемые при контроле качества продукции, контроле и управлении технологическими процессами, контроле режимов работы машин, механизмов и оборудования;
- средства измерений, применяемые в ведомственных метрологических службах в качестве образцовых подчиненных средств измерений.

Представленные на аттестацию средства измерений должны сопровождаться технической документацией и необходимым вспомогательным оборудованием, а также по требованию органа государственной метрологической службы, необходимыми образцовыми средствами измерений. На аттестацию средств измерений представляются следующие документы:

- техническое задание на разработку, прошедшее метрологическую экспертизу в соответствии с ГОСТ 8.326–89;
- технические условия, техническое задание, инструкция по эксплуатации;
- проект программы метрологической аттестации и проект нормативной документации на методы и средства поверки.

На ввозимые из-за границы средства измерений представляются:

- документ, в котором приведены требования к метрологическим характеристикам и условиям применения средств измерений;
- техническое описание и инструкция по эксплуатации;
- проект программы метрологической аттестации и проект нормативного документа на методы и средства поверки.

Программа аттестации нестандартных средств измерений должна включать:

- оценку полноты, правильности и способов выражения метрологических характеристик средств измерений в технической документации;
- проверку соответствия метрологических характеристик средств измерений указанным требованиям в технической документации;
- обоснование методов экспериментального исследования метрологических характеристик средств измерений с оценкой точности их определения и влияния условий эксплуатации;
- установление порядка включения средств измерений в государственную поверочную схему или порядка их соотношения с государственными эталонами;

- оценку проекта нормативного документа на методы и средства поверки средств измерений и установления периодичности поверки.

Методы экспериментального исследования метрологических характеристик аттестуемых средств измерений должны соответствовать действующим нормативным документам. При этом устанавливаются:

1. Требования к точности измерений, к числу и размерам интервалов между значениями исследуемой характеристики, к числу измерений в каждой выбранной точке, к числу серий измерений.
2. Указания о режиме измерений и их последовательности во времени.
3. Правила обработки результатов измерений.

При невозможности использования методов и средств, установленных действующей нормативной документацией, предприятие, представляющее средства измерений на метрологическую аттестацию, должно предусмотреть специальные методы и оборудование для исследования их метрологических характеристик.

Проект нормативного документа на методы и средства поверки средств измерений должен содержать:

- перечень метрологических характеристик, подлежащих определению при периодической поверке средств измерений;
- перечень образцовых средств измерений и вспомогательного оборудования, необходимых для проведения поверки;
- условия и способы оценки метрологических характеристик средств измерений.

Метрологическая аттестация каждого нестандартного средства измерений проводится в индивидуальном порядке. По ходу ее составляется протокол. После завершения всех работ по аттестации и вынесения решения о пригодности средств измерений к применению в качестве рабочего или иного класса точности, или образцового соответствующего разряда протокол утверждается и по установленной форме выдается свидетельство. Срок проведения аттестации нестандартных средств измерений не должен превышать двух месяцев.

#### **6.4. Поверка средств измерений**

В соответствии с РМГ 22–99 поверкой называется установление органом государственной метрологической службы (или другим официально уполномоченным органом, организацией) пригодности средства измерений к применению на основании экспериментально определенных метрологических характеристик и подтверждения их соответствия установленным обязательным требованием.

Постановлением Совета Министров СССР от 4 апреля 1983 г. № 273 «Об обеспечении единства измерений в стране» применение

не поверочных средств измерений запрещено. Поверка разделяется на государственную и ведомственную. Обязательной государственной поверке подлежат следующие средства измерений:

- применяемые в органах государственной метрологической службе;
- исходные образцовые средства измерений предприятий;
- выпускаемые из производства в качестве образцовых согласно их прямому назначению;
- предназначенные для измерений, результаты которых используются для учета материальных ценностей, топлива и энергии, при взаимных расчетах, в торговле, для защиты природной среды, обеспечения безопасности и труда;
- предназначенные для измерений, результаты которых служат основанием для регистрации национальных и международных спортивных рекордов.

Остальные средства измерений подлежат ведомственной поверке. В отдельных случаях по согласованию с Госстандартом России допускается ведомственная поверка средств измерений, подлежащих обязательной государственной поверке. Средства измерений, ведомственная поверка которых не может быть обеспечена министерствами и ведомствами, представляются на поверку либо в органы государственной метрологической службы, либо на предприятия других министерств и ведомств, которым представлено право такой поверки.

Право проведения поверки предоставлено государственным и ведомственным поверителям – лицам, прошедшим специальное обучение и сдавшим экзамен в учебных заведениях Госстандарта России.

Процедура поверки регламентирована специальными нормативными документами:

- стандартами на методы и средства поверки;
- инструкциями по поверке;
- методическими указаниями;
- другими документами.

В ходе поверки составляется протокол, в который вносятся наименования и характеристики применяемых образцовых средств измерений и результаты измерений. Затем все анализируется и принимается решения о пригодности или непригодности средства измерений к применению. В случае положительного решения выдается свидетельство или ведомственные аттестаты, или ставится клеймо.

Согласно ГОСТ 8.513–84 «ГСИ Поверка средств измерений. Организация и порядок проведения» поверка может быть первичной, периодической, внеочередной, инспекционной и экспертной.

Первичная поверка проводится для средств измерений из производства или ремонта, а также при поставках их по импорту. Импортируемые средства измерений не подлежат первичной поверки в России в случаях, когда результаты поверки, проведенной в других странах, признаны Госстандартом РФ в соответствии с международными соглашениями о взаимном признании результатов испытаний и поверки, участником которых является Россия. Допускается выборочная поверка средств измерений.

Периодическая поверка проводится при эксплуатации и хранении средств измерений через определенные промежутки времени (межповерочные интервалы), которые устанавливаются при проведении государственных приемочных испытаний или метрологической аттестации средств измерений, исходя из показателей надежности. Они должны гарантировать метрологическую исправность средств измерений в период между поверками. Годовые календарные графики периодической поверки утверждаются руководителем предприятия или уполномоченными лицами. Графики составляются отдельно для средств измерений, предоставляемых на поверку в органы государственной и ведомственной метрологических служб. Для государственной поверки график согласуется с соответствующим территориальным органом Госстандарта России.

Средства измерений, находящиеся на длительном хранении, срок которого превышает межповерочный интервал, не подвергаются периодической поверке при условии соблюдения требований к их консервации и хранения. Передача средств измерений на длительное хранение должна быть оформлена актом с указанием даты последней поверки, условий хранения, вида консервации и упаковки. Поверку таких средств измерений проводят перед началом их эксплуатации.

Индикаторы не относятся к средствам измерения и не поверяются. На их лицевой стороне наносится знак «И». Право перевода средств измерений в разряд индикаторов представлено метрологическим службам предприятий.

Средства измерений, применяемые для учебных целей, периодической поверке не подлежат. На них наносится обозначение «У». Использование средств измерений с обозначением «У» и «И» для измерений запрещено.

Внеочередная поверка проводится органами государственной и ведомственной метрологической службой при эксплуатации и хранении средств измерений независимо от сроков периодической поверки в следующих случаях:

- повреждения знака поверительного клейма или утрате документов, подтверждающих прохождение средством измерений периодической поверки;
- ввода в эксплуатацию средств измерений после длительного хранения (более одного межповерочного интервала);

- проведения поверочной настройки при неудовлетворительной работе прибора;
- применения средств измерений в качестве комплектующих по истечению срока, равного половине межповерочных интервалов на них;
- когда возникает необходимость удостовериться в пригодности средств измерений к применению;
- при контроле результатов периодической поверки.

Инспекционная поверка проводится для выявления пригодности к применению средств измерений при осуществлении государственного метрологического надзора или ведомственного контроля. При этом устанавливают правильность результатов последней поверки. Если результаты поверки показывают неудовлетворительное состояние средств измерений, то поверительное клеймо устраняют, свидетельство о поверке аннулируют, а в паспортах или других заменяющих документах делают запись о непригодности средств измерений к применению. Результаты инспекционной поверки отражают в акте.

Метрологическая экспертиза проводится по требованию суда, прокуратуры, государственного арбитража, по письменному заявлению предприятий и отдельных граждан, а также при возникновении спорных вопросов органами государственной метрологической службы в объеме, необходимом для обоснования заключения экспертизы о состоянии средств измерений, правильности их поверки и применения. По результатам экспертизы составляют экспертное заключение, направляют его заявителям, а один экземпляр оставляют на хранение в органе Госстандарта РФ. Если результаты экспертной поверки средств измерений дают основание предполагать наличие злоупотреблений, наносящих ущерб народному хозяйству или отдельным гражданам, то руководитель учреждения государственной метрологической службы должен сообщить об этом следственным органам.

## **6.5. Государственный метрологический надзор**

Государственный контроль и надзор за внедрением и соблюдением стандартов осуществляется органами Госстандарта РФ во всех отраслях народного хозяйства и на всей территории России.

Государственный метрологический контроль охватывает процедуры утверждения типа средств измерений, их поверки, лицензирования деятельности по изготовлению, ремонту, продаже и прокату средств измерений. Метрологический надзор предусматривает процедуры проверок соблюдения метрологических правил и норм, требований Закона, нормативных документов системы ГСИ. Основным документом, регламентирующим работу метрологического надзора, является «Правила ПР50.2.002–94. ГСИ. Порядок осуществления государственного метро-

логического надзора за выпуском, состоянием и применением средств измерений, аттестованными методиками выполнения измерений, эталонами и соблюдением метрологических правил и норм».

Главными задачами государственного надзора за средствами измерения и стандартами являются:

- обеспечение внедрения и строгого соблюдения стандартов;
- обеспечение метрологических правил и единства измерений;
- анализ научно-технического уровня стандартов, технических условий и средств измерений;
- полное использование достижений науки и техники при разработке стандартов и ТУ.

Основной формой государственного надзора является выборочная проверка, которая проводится Госстандартом России в соответствии с его планами или по инициативе ЦСМ. При этом проверяется обеспеченность технического процесса и испытаний необходимыми средствами измерений требуемой точности, состояние средств измерений, наличие свидетельств о поверке, аттестатов на нестандартные средства измерений. Кроме того, проверяется аттестация и аккредитация самих испытательных подразделений.

Проверки проводят главные государственные инспекторы по надзору за стандартами и средствами измерений, их заместители, государственные инспекторы. При необходимости к проверкам могут быть привлечены специалисты и технические средства сторонних организаций. В этом случае государственный инспектор, ответственный за проведение проверки, является руководителем этой проверки.

По результатам проверки составляется акт, на основе которого принимаются решения вплоть до правовых санкций по ГОСТ 8.002–84. На основании акта даются предписания:

- о прекращении производства продукции;
- о запрещении выпуска и реализации продукции при нарушении стандартов;
- о запрещении использования продукции при нарушении стандартов;
- о запрещении передачи заказчику в производство конструкторской, технологической и проектной документации, если нарушены стандарты;
- об устранении нарушений стандартов, метрологических правил;
- о запрещении проведения испытаний продукции;
- об изъятии из обращения средств измерений, не прошедших государственные испытания, метрологическую аттестацию, неповеренных и неисправных;
- о применении экономических санкций, предусмотренных законодательством России.

Основные положения по осуществлению государственного надзора и ведомственного метрологического контроля устанавливает ГОСТ 8.002–86, согласно которому государственный метрологический надзор осуществляют в форме:

- государственных приемочных и контрольных испытаний средств измерений по ГОСТ 8.383–80 и ГОСТ 8.001–80;
- государственной метрологической аттестации по ГОСТ 8.326–89;
- государственной поверки средств измерений по ГОСТ 8.513–84;
- регистрации предприятий и организаций, изготавливающих, ремонтирующих и поверяющих средства измерений в Госстандарте РФ;
- порядок состояния и применения средств измерений, деятельности ведомственных метрологических служб и соблюдения стандартов и метрологических правил.

Ведомственный метрологический контроль проводят в форме:

- ведомственной метрологической аттестации средств измерений по ГОСТ 8.326–89;
- ведомственной поверки средств измерений по ГОСТ 8.513–84;
- проверок состояния и измерения средств измерений, применения метрологических правил;
- аккредитации испытательных лабораторий.

### **6.6. Калибровка и поверка средств измерений**

Калибровка средств измерений это совокупность операций, выполняемых с целью определения и подтверждения действительных значений метрологических характеристик, пригодности к применению средств измерений, не подлежащих государственному метрологическому контролю и надзору. Под пригодностью средства измерения подразумевается соответствие его метрологических характеристик ранее установленным техническим требованиям, которые могут содержаться в нормативном документе или определяются заказчиком. Вывод о пригодности делает калибровочная лаборатория.

Калибровка заменила ранее существующую в нашей стране ведомственную поверку, метрологическую аттестацию средств измерений. Калибровка может проводиться любой метрологической службой (или физическим лицом) при наличии надлежащих условий для квалифицированного выполнения этой работы. Калибровка добровольная операция и ее может выполнить также и метрологическая служба самого предприятия, если она имеет на это право, полученное от национальной метрологической службы.

Возможны следующие варианты организации калибровочных работ:

- предприятие самостоятельно организует у себя проведение калибровочных работ и не аккредитуется ни в какой системе;



- предприятие, заинтересованное в повышении конкурентоспособности продукции, аккредитуется в Российской системе калибровки (РСК) на право проведения калибровочных работ от имени аккредитовавшей его организации;
- предприятие аккредитуется в РСК с целью выполнения калибровочных работ на коммерческой основе;
- предприятие, аккредитовавшееся на право поверки средств измерений, одновременно получают аттестат аккредитации на право проведения калибровочных работ по тем же видам измерений;
- метрологические институты и органы Государственной метрологической службы регистрируются в РСК одновременно как органы аккредитации и как калибровочные организации;
- аккредитация предприятия в качестве калибровочной лаборатории в зарубежной калибровочной службе открытого типа.  
Допускается применение четырех методов калибровки:
- непосредственное сличение с эталоном;
- сличение с помощью компаратора;
- прямые измерения величины;
- косвенные измерения величины.

## **7. НЕРАЗРУШАЮЩИЕ МЕТОДЫ КОНТРОЛЯ**

### **7.1. Общие принципы**

Неразрушающие методы контроля решают разнообразные задачи, связанные с повышением качества продукции и увеличением производительности контрольных операций. Эти методы обладают высокой чувствительностью, обеспечивают безопасность и безаварийность работы агрегатов и конструкций. Применение методов НК способствует повышению надежности и долговечности изделий и конструкций.

Методы НК используют для контроля материалов, изделий и конструкций до их эксплуатации, что предотвращает применение дефектных деталей в конструкциях, а также в процессе эксплуатации конструкций и техники. Этот контроль можно осуществлять в процессе производства или ремонта изделий. Существенное достоинство методов НК заключается в возможности без разрушения и изменения показателей качества изделия выявить внутренние дефекты и накопленные напряжения в конструкции, определить координаты и размеры дефектов. Кроме того, результаты контроля вскрывают причинно-следственные связи, необходимые для понимания сути физических явлений, которые приводят к образованию дефектов и позволяют своевременно воздействовать на технологический процесс, чтобы исключить дефекты.

Неразрушающий контроль это контроль качества продукции без нарушения ее целостности. В основу этого контроля заложены методы, основанные на наблюдении и регистрации результата взаимодействия физических полей (излучений) или веществ с контролируемой продукцией и других физико-химических процессов.

Применение методов НК обеспечивает:

- выявление скрытых (внутренних) дефектов производства;
- определение причин отказов и характера отказов при испытаниях и эксплуатации;
- повышение достоверности и надежности контроля при техническом обслуживании;
- возможность контроля качества в динамическом режиме, в том числе при ускоренных испытаниях.

Наиболее распространенные приборы неразрушающего контроля это:

- дефектоскопы приборы для обнаружения внутренних дефектов в изделиях;
- структуроскопы приборы, использующие корреляцию между электрическими, магнитными и акустическими свойствами материала и его физико-химическими свойствами;
- толщиномеры приборы для определения толщины изделий, покрытий и т. д.;
- приборы для контроля физико-химических свойств веществ;
- влагомеры приборы для определения влаги в материалах.

## **7.2. Классификация видов и методов неразрушающего контроля**

Согласно ГОСТ 18353–79 [2] в основу классификации методов НК положены физические процессы взаимодействия физического поля или вещества с объектом контроля. С точки зрения физических явлений, на которых они основаны, выделяют 9 видов НК:

1. Магнитный.
2. Электрический.
3. Вихретоковый.
4. Радиоволновый.
5. Тепловой.
6. Оптический.
7. Радиационный.
8. Акустический.
9. Проникающими веществами.

Каждый из видов контроля классифицируется по трем признакам:

1. Характеру взаимодействия поля или вещества с контролируемым объектом. Взаимодействие должно быть таким, чтобы контролируемый признак объекта вызвал определенные изменения поля или состояния вещества.

Например, наличие несплошности вызывало изменение прошедшего через нее излучения или проникновение в нее пробного вещества.

2. Первичному информативному параметру это конкретный параметр поля или вещества (амплитуда поля, время его распространения, количество вещества и т. д.), изменение которых используют для характеристики контролируемого объекта.

Например, наличие несплошности увеличивает или уменьшает амплитуду прошедшего через нее излучения.

3. Способы получения первичной информации это конкретный тип датчика или вещества, который используют для измерения и фиксации упомянутого информационного параметра.

Классификация видов и методов НК по ГОСТ 18353–79 даны в табл. 1 и 2. Кратко рассмотрим виды и методы неразрушающего контроля.

*Магнитный вид НК* основан на анализе взаимодействия магнитного поля с контролируемым объектом. Его, как правило, применяют для контроля объектов из ферромагнитных материалов. По характеру взаимодействия физического поля с объектом этот вид не дифференцируют: во всех случаях используют намагничивание объекта и измеряют параметры, используемые при контроле магнитными методами.

*Электрический вид НК* основан на регистрации параметров электрического поля, взаимодействующего с контролируемым объектом (собственно электрический метод), или поля, возникающего в контролируемом объекте в результате внешнего воздействия (термоэлектрический, трибоэлектрический методы). Первичными информативными параметрами являются: электрическая емкость или потенциал.

*Вихретоковый вид НК* основан на анализе взаимодействия электромагнитного поля вихретокового преобразователя с электромагнитным полем вихревых токов, наводимых в контролируемом объекте.

Он применяется только для контроля изделий из электропроводящих материалов.

*Радиоволновый вид НК* основан на регистрации изменений параметров электромагнитных волн радиодиапазона, взаимодействующих с контролируемым объектом.

Обычно применяют СВЧ-волны длиной 1–100 мм и контролируют изделия из материалов, в которых радиоволны не очень сильно затухают: диэлектрики, магнитодиэлектрики (ферриты), полупроводники, тонкостенные металлические объекты.

По характеру взаимодействия с объектом контроля различают методы прошедшего, отраженного, рассеянного излучения и резонансный. Первичными информативными параметрами служат частота, фаза, амплитуда, поляризация, время распространения вторичных волн и др.

*Тепловой вид НК* основан на регистрации изменений тепловых или температурных полей контролируемых объектов, вызванных дефектами.

Он применяется для контроля любых объектов из любых материалов.

По характеру взаимодействия поля с объектом контроля (ОК) различают методы: пассивный или собственного излучения (на ОК не воздействуют внешним источником) и активный (ОК нагревают или охлаждают от внешнего источника). Измеряемым информативным параметром является температура или тепловой поток.

*Оптический вид НК* основан на регистрации параметров оптического излучения, взаимодействующего с контролируемым объектом. По характеру взаимодействия различают методы прошедшего, отраженного, рассеянного и индуцированного излучения. Первичными информативными параметрами служат амплитуда, фаза, частотный спектр, время прохождения света через ОК и др.

*Радиационный вид НК* основан на регистрации и анализе проникающего ионизирующего излучения после взаимодействия с контролируемым объектом.

В зависимости от природы ионизирующего излучения вид контроля подразделяют на подвиды: рентгеновский, гамма-, бета- (поток электронов), нейтронный методы контроля. В последнее время находят применение даже потоки позитронов. Широкое применение для контроля получило рентгеновское и гамма-излучение. Их можно использовать для контроля объектов из различных материалов. Эти виды излучения имеют электромагнитную природу волн.

По характеру взаимодействия с ОК основной способ радиационного контроля метод прохождения излучения через вещество. Информативный параметр здесь плотность потока излучения.

*Акустический вид НК* основан на регистрации параметров упругих волн, возбуждаемых и возникающих в контролируемом объекте.

Этот вид контроля применим ко всем материалам, достаточно хорошо проводящим акустические волны: металлы, пластмассы, бетон, керамика и др. Чаще всего используют упругие волны ультразвукового диапазона (с частотой колебаний выше 20 кГц) этот метод называют ультразвуковым.

По характеру взаимодействия с ОК различают пассивный и активный методы контроля.

*Неразрушающий контроль проникающими веществами* основан на проникновении пробных веществ в полости дефектов контролируемого объекта.

Его делят на методы капиллярные и течеискания. Капиллярные методы основаны на капиллярном проникновении в полость дефектов ОК индикаторной жидкости, хорошо смачивающей материал объекта. Методы течеискания используют для выявления только сквозных дефектов.

Таблица 3

## Классификация методов неразрушающего контроля

Вид контроля	по 1 признаку	по 2 признаку	по 3 признаку
Магнитный	магнитный	коэрцитивной, силе намагниченности остаточной индукции магнитной проницаемости, напряженности, эффекте Баркгазена	магнитопорошковый, индукционный, феррозондовый, эффекта Холла, магнитографический, пондеромоторный, магниторезисторный
Электрический	электрический, трибоэлектрический, термоэлектрический	электропотенциальный, электроемкостной	электростатический, порошковый, электропараметр, электроискровой, рекомбинационного излучения, экзоэлектронной эмиссии, шумовой, контактной разности потенциалов
Вихрековый	прошедшего излучения, отраженного излучения	амплитудный, фазовый, частотный, спектральный, многочастотный	трансформаторный, параметрический
Радиоволновый	прошедшего излучения, отраженного излучения, рассеянного излучения, резонансный	амплитудный, фазовый, частотный, временной, поляризационный, геометрический	детекторный (диодный), болометрический, термисторный, интерференционный, голографический, жидких кристаллов, термобумаг, термоллюминофоров, фотоуправляемых полупроводниковых пластин, калориметрический

Продолжение табл. 3

Вид контроля	по 1 признаку	по 2 признаку	по 3 признаку
Тепловой	тепловой контактный, конвективный, собственного излучения	термометрический, теплотеметрический	пирометрический, жидких кристаллов, термокрасок, термобумаг, термолуминофоров, термозависимых параметров, оптический интерференционный, калометрический
Оптический	прошедшего излучения, отраженного излучения, рассеянного излучения, индуцированного излучения	амплитудный, фазовый, частотный, временной, поляризационный, геометрический, спектральный	интерференционный, нефелометрический, голографический, рефрактометрический, рефлексометрический, визуально-оптический
Радиационный	прошедшего излучения, рассеянного излучения, активационного излучения, характеристического излучения, автоэмиссионный	плотности потока энергии, спектральный	сцинтилляционный, ионизационный, вторичных электронов, вторичных электронов, радиографический, радиоскопия
Акустический	прошедшего излучения, отраженного излучения (эхо-метод), резонансный, импледансный, свободных колебаний, акустико-эмиссионный	амплитудный, фазовый, частотный, временной, спектральный	пьезоэлектрический, электромагнитно-акустический, микрофонный, порошковый

*Классификация методов контроля проникающими веществами  
(капиллярный и течеискания)*

По 1 признаку	По 2 признаку	По 3 признаку
молекулярный	жидкостной, газовый	яркостный (ахроматический), цветной (хроматический), люминесцентный, люминесцентно-цветной, фильтрующихся частиц, масс-спектрометрический, пузырьковый, манометрический, галогенный, радиоактивный, катарометрический, высококачественного разряда, химический, остаточных устойчивых деформаций, акустический

### 7.3. Общие особенности методов неразрушающего контроля

Такое разнообразие методов неразрушающего контроля не позволяет определить общую единую регламентацию комплекса метрологических характеристик. Поэтому нормируются метрологические характеристики каждого метода. Основные задачи метрологического обеспечения методов неразрушающего контроля определены в ГОСТ 1.25–76 ГСС метрологическое обеспечение. Основные положения. Тем не менее, можно выделить некоторые общие показатели средств и методов неразрушающего контроля:

- чувствительность;
- стабильность;
- погрешность;
- надежность;
- транспортабельность;
- виброустойчивость.

По погрешности эти средства разделяются на четыре группы:

1. погрешность менее 1 %;
2. погрешность от 1 до 2,5 %;
3. погрешность от 2,5 до 4 %;
4. погрешность более 4 %.

Метрологические характеристики средств неразрушающего контроля устанавливаются в соответствии с требованиями ГОСТ 8.009–84.

## 8. СТАНДАРТИЗАЦИЯ МЕТОДОВ И СРЕДСТВ НЕРАЗРУШАЮЩЕГО КОНТРОЛЯ

В нашей стране разработана и действует Государственная система стандартизации ГСС, представляющая собой комплекс взаимосвязанных правил и положений, определяющих цели и задачи стандартизации во всех направлениях, т. е. порядок разработки, оформления, согласования, утверждения и внедрения стандартов всех категорий, а также контроль за их соблюдением.

Основополагающим является «ГОСТ 1.0–85 Государственная система стандартизации. Основные положения», в котором отмечается, что стандартизация это деятельность, заключающаяся в нахождении решений для повторяющихся задач в сфере науки, техники и экономики, направленная на достижение оптимальной степени упорядочения в определенной области.

К основным направлениям стандартизации в России, имеющим непосредственное отношение к стандартизации методов и средств неразрушающего контроля относятся:

- совершенствование управлением производством;
- повышение технического уровня и качества продукции;
- повышение эффективности производства;
- установление оптимальной номенклатуры показателей качества продукции;
- рациональное и экономное использование ресурсов.

При создании системы стандартов на методы и средства неразрушающего контроля были использованы принципы комплексной стандартизации, которая обеспечила согласование показателей, норм и требований к объектам стандартизации.

Номенклатура показателей качества приборов всех видов неразрушающего контроля приведена в ГОСТ 4.177–85. В эту номенклатуру входят:

- назначение, показатели технической эффективности, конструктивные особенности и стойкости к воздействию внешней среды;
- надежность (безотказность, долговечность, срок службы);
- экономические показатели (масса, потребляемая мощность, себестоимость и др.);
- эргономические показатели (уровень шума и др.);
- эстетические показатели;
- технологичность;
- транспортабельность (устойчивость к тряске);
- патентно-правовые.

В ГОСТ 18353–79 приведены все виды неразрушающего контроля. Дано их описание. Требования по устойчивости к температуре, влажности, давлению и механическим воздействиям для средств неразрушаю-



щего контроля даны в ГОСТ 12997–84, а по уровню шума изложены в ГОСТ 121003–83. Метрологические характеристики СНК устанавливаются в соответствии с ГОСТ 8.009–84. При этом нормирование метрологических характеристик для каждого вида НК устанавливаются таким образом, чтобы можно было оценить погрешность измерений с необходимой доверительной вероятностью и обеспечить воспроизводимость результатов контрольных операций.

Основные задачи метрологического обеспечения определены в ГОСТ 1.25–76, на основании которого для СНК необходимо:

- установить и обосновать метрологические характеристики всех СНК;
- установить рациональную номенклатуру СНК;
- придерживаться стандартных терминов и определений;
- разработать стандартные образцы;
- установить пределы измерений, влияющих на процесс контроля;
- разработать методики контроля;
- иметь образцовые и исходные средства поверки средств неразрушающего контроля;
- работать над повышением точности и достоверности измерений параметров при оценке качества продукции.

На методы контроля и средства поверки СНК имеется много стандартов, перечень которых приведен в приложении № 1.

## **9. ПОВЕРКА СРЕДСТВ НЕРАЗРУШАЮЩЕГО КОНТРОЛЯ**

### **9.1. Роль метрологического обеспечения СНК в повышении качества продукции**

Повышение качества продукции зависит от степени и качества метрологического обеспечения производства. Для повышения качества метрологического обеспечения СНК прежде всего необходима регулярная поверка СНК, т. к. только это обеспечивает достоверность информации о контролируемых параметрах испытываемой продукции.

При поверке, в первую очередь, определяется соответствие технических и метрологических характеристик СНК требованиям НД в виде стандартов или методических указаний. При поверке СНК, предназначенных для общего применения, нормативными документами являются государственные стандарты по методикам поверки или методические указания Госстандарта РФ по поверке. В случае отсутствия этих НД ведомства и предприятия могут применять свои методические указания по поверке СНК. Ведомственные указания по поверке СНК могут применяться и при наличии государственных стандартов или методических указаний Госстандарта РФ, но при условии соблюдения основных требований, установленных в государственных НД.

Для поверки нестандартных СНК, изготовленных и применяемых на одном предприятии, используют методические указания по поверке, разработанные на предприятии.

Нормативные документы по поверке любого уровня разрабатывают только в том случае, если поверяемое СНК обеспечены средствами поверки.

Разработку новых и пересмотр действующих государственных стандартов по методикам поверки и методических указаний по поверке осуществляют центры стандартизации и метрологии Госстандарта РФ, а также организации разработчики СНК или головные (базовые) организации метрологических служб министерств, являющиеся разработчиками неразрушающего контроля.

Методические указания метрологических институтов по поверке разрабатывают организации, представляющие СНК на государственные приемочные испытания. Методические указания предприятий и ведомств по поверке разрабатывают организации разработчики СНК или головные (базовые) организации метрологических служб министерств, ответственных за ввоз СНК в страну.

Нормативные документы по поверке любого уровня должны соответствовать требованиям ГОСТ 8.042–83. Порядок разработки, согласования, утверждения, оформления, регистрации и издания ведомственных методических указаний по поверке устанавливают министерства.

## **9.2. Методы поверки. Нормативные документы по поверке**

Под методом поверки СИ понимается передача размера единицы физической величины от вышестоящих в поверочной схеме средств измерений нижестоящим в соответствии с ГОСТ 8.068–80.

При проведении поверки СНК могут применяться следующие методы:

- метод непосредственного (без использования средств сравнения) сличения поверяемого СНК с образцовым средством того же вида (т. е. меры с мерой или измерительного прибора с измерительным прибором);
- метод сличения поверяемого СНК с образцовым средством измерения того же вида при помощи компаратора (т. е. с помощью средств сравнения);
- метод прямого измерения поверяемым СНК величины, воспроизводимой образцовой мерой;
- метод прямого измерения образцовым измерительным прибором величины, воспроизводимой подвергаемой поверке мерой;
- метод косвенного измерения, при котором искомое значение величины находят на основании известной зависимости между этой величиной и величинами, подвергаемыми прямым измерением;

- метод независимой поверки, т. е. поверки средств измерений относительных (безразмерных) величин, не требующих передачи размеров единиц от эталонов или образцовых средств измерений, проградуированных в единицах размерных величин.

При проведении поверки СНК рассматривается как единое целое и погрешность оценивается в целом. Иногда проводят поэлементную поверку СНК путем определения параметров отдельных его частей, оказывающих влияние на пригодность СНК к использованию.

В нормативных документах по ГОСТ 8.042–83 на методики поверки СНК содержатся разделы:

- вводная часть;
- операции поверки;
- средства поверки;
- требования безопасности;
- условия поверки;
- подготовка к поверке;
- проведение поверки;
- обработка и оформление результатов поверки.

В нормативных документах по поверке должны включаться методы и средства поверки, основанные на современных достижениях науки и техники. При этом особое внимание должно быть обращено на минимум метрологических характеристик, достаточных для решения вопроса о пригодности поверяемых средств НК к применению. В разделе «операции поверки» указывается перечень операций в той последовательности, в которой наиболее целесообразно их выполнять.

Средства поверки. В нормативных документах содержится перечень необходимых для проведения поверки образцовых и вспомогательных средств поверки. Для образцовых и вспомогательных средств поверки указывается номера нормативных документов, регламентирующих технические требования, разряды по государственным поверочным схемам или метрологические и основные технические характеристики этих средств.

Условия проведения поверки. При проведении поверки СНК должны соблюдаться нормальные условия, которые оговариваются в нормативных документах на методики поверки – это:

- температура окружающей среды, в которой проводится поверка 293 К (20 °С);
- влажность воздуха 60 %;
- атмосферное давление 760 мм/ртст (101,3 кПа);
- частота питающего напряжения 50 Гц, напряжение 220 В.

Если эти нормальные условия не соблюдаются, то следует брать поправки.

### 9.3. Подготовка и проведение поверки

Перед проведением поверки обычно проводят подготовительные работы:

- устанавливают и готовят поверяемые СНК и средства поверки;
- выдерживают поверяемые СНК в условиях, где действуют влияющие величины;
- снимают смазку со стандартных образцов;
- проводят экранирование (в случае необходимости);
- проверяют контактные соединения;
- проверяют значение температуры, влажности и т. д.;
- заземляют СНК и средства поверки;
- подключают присоединительные устройства;
- прогревают СНК под напряжением;
- проводят необходимые мероприятия по ТБ.

Проверка СНК состоит из внешнего осмотра, опробования и определения их метрологических характеристик.

При внешнем осмотре проверяются:

- соответствие комплектной ведомости;
- наличие надписей о назначении каждого переключателя;
- обозначения на шкалах приборов класса точности и единиц физических величин;
- цены делений отчетных устройств;
- устанавливают дефекты элементов СНК и их покрытий, при наличии которых по техническим условиям они не могут быть допущены к применению;
- товарный знак или наименование предприятия-изготовителя;
- тип;
- порядковый номер;
- год выпуска.

Опробование СНК проводят после внешнего осмотра. Эта операция проводится в соответствии с НД. При опробовании обычно используют стандартные образцы. Могут использоваться также образцовые средства измерений и вспомогательные средства поверки.

Опробование СНК заключаются в проверке:

- действия органов управления, регулирования и настройки;
- установки указателей приборов на нуль при включении и выключении питания;
- свободного перемещения и фиксации или взаимодействия отдельных элементов;

- реакции приборов на действие органов управления;
- мертвого хода и люфтов отдельных элементов;
- работоспособности их.

Определение (контроль) метрологических характеристик СНК проводится для установления соответствия их значений номинальным в допустимых пределах. В стандартах или НД на поверку всегда устанавливаются методы определения метрологических характеристик СНК и способы проведения операций поверки. Для каждой операции поверки определяются:

- описание метода поверки;
- указание о средствах поверки;
- схемы подключения и чертежи;
- указания о порядке выполнения операций;
- способы обработки результатов определений метрологических характеристик.

Обработка и оформление результатов поверки проводятся на основе НД по поверке с последующим нанесением клейма на СНК, выдачи свидетельства о поверке, записи в паспорте поверяемого СНК и указания даты поверки. Если результат поверки отрицательный, то клеймо гасится, свидетельство аннулируется, а в паспорте делается запись о непригодности СНК.

#### **9.4. Создание и организация поверочных подразделений ведомственных метрологических служб**

Ведомственные поверочные подразделения создаются в составе метрологической службы предприятий, крупных объединений. При этом проводится детальная технико-экономическая оценка целесообразности создания такой службы или пользования услугами поверки в ЦСМ (других организациях, имеющих право на необходимую поверку). Организация метрологической службы на предприятиях требует не только штат квалифицированных кадров, но и специальные помещения, средства поверки, включая образцовые средства измерений. Безусловно, это требует весомых финансовых затрат, но ускоряет оперативность и достоверность поверки за счет исключения транспортировки СНК к месту поверки.

Поверочные подразделения должны размещаться в специальных помещениях, расположенных в сухих, чистых комнатах или специальном здании, быть изолированы от других производственных участков, удалены от источников шума с уровнем выше 90 Дб, электро- и радиопомех, источников сильных электрических, высокочастотных и магнитных полей, пыли, агрессивных газов и паров. Через эти помещения недопустимо проведение парогазопроводов. Желательно, чтобы окна помещения были расположены на север и были защищены от прямого солнечного излуче-

ния шторами. Дневной свет должен быть рассеянным и не давать бликов. Коэффициент естественной освещенности на поверхности рабочего стола поверителя должен быть в пределах 1.00–1.500. Искусственное освещение должно быть люминесцентным, рассеянным. На уровне рабочего места освещенность должна быть не менее 300 лк.

Стены помещения на 3/4 высоты должны быть окрашены светлой масляной краской, а остальная часть, стол и потолок прочной белой краской, допускающей протирку от пыли. Полы следует покрывать линолеумом или пластиком.

Помещение должно быть оборудовано заземлением. В помещении должны быть обеспечены нормальные условия:

- температура  $293 \pm 3$  К;
- влажность  $60 \pm 15$  %.

Подготовку СНК к поверке, связанную с расконсервацией, очисткой и т. п. рекомендуется проводить в отдельных изолированных помещениях.

Требования к помещениям поверочных подразделений изложены в МИ 670–84.

Численность сотрудников (поверителей) устанавливается в соответствии с количеством поверяемых СНК, периодичности поверки и норм времени на поверку различных типов СНК.

### **9.5. Некоторые особенности поверки СНК**

Для капиллярных дефектоскопов при поверке контролируется:

- качество используемых пенетрантов по их техническим условиям;
- поверка допустимого отклонения штативов;
- определение освещенности;
- определение УФ излучения;

При поверке используются стандартные образцы с искусственными дефектами.

Поверка магнитопорошковых дефектов. При проведении поверки этих дефектоскопов помимо поверки комплектности, внешнего осмотра опробования необходимо определять те параметры дефектоскопов, от которых зависят результаты контроля:

- концентрации ферромагнитного порошка в суспензии;
- качество ферромагнитного порошка (дисперсность и магнитные свойства);
- определение напряженности магнитного поля в соленоиде или между полюсами магнита;
- максимальное значение тока при циркуляционном намагничивании;
- освещенность поверхности изделия.

Поверка коэрцитиметров. Поверка проводится по МИ 104–76, по которой, кроме общих операций, определяют:

- чувствительность феррозонда к изменению размагничивающему току;
- тагенс угла наклона прямой тока размагничивания к оси абсцисс;
- погрешности миллиамперметра;
- ток намагничивания ( $i_H$ ).

Феррозондовые дефектоскопы поверяются по ГОСТ 21104–75, по которому, кроме общих процедур, определяется чувствительность по стандартным образцам.

Поверка магнитных толщиномеров предусматривает:

- внешний осмотр;
- проверка комплектации;
- опробование;
- определение основной погрешности толщиномера по образцовым мерам толщины покрытий по ГОСТ 25177–82.

Поверка средств ультразвукового контроля. При этом необходимо поверять рабочую частоту дефектоскопа, минимальную и максимальную глубину контроля, разрешающую способность по глубине и фронту, чувствительность дефектоскопа. Рабочая частота нормируется по погрешности, не превышающей 10 %.

Минимальная глубина контроля это мертвая зона (неконтролируемые участки изделия), присущая эхо импульсному методу. Она также нормируется. Величина мертвой зоны обуславливается системой электронный блок дефектоскопа пьезопреобразовательное устройство.

Разрешающая способность по глубине определяется минимальным расстоянием между двумя отдельно выявляемыми дефектами, расположенными по одной вертикали, совпадающей с направлением распространения УЗК (рис. 2). Она зависит от длительности зондирующего импульса и скорости развертки дефектоскопа.

$$\Delta r \approx (1,5-2)\lambda$$

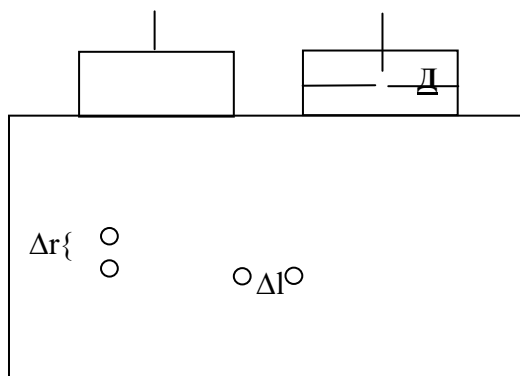


Рис. 2. Схема дефектов

Фронтальная разрешающая способность  $\Delta l$  (разрешение двух дефектов по горизонтали) оценивается по формуле

$$\Delta l = \frac{h\lambda}{D},$$

где  $h$  глубина залегания дефекта;  $\lambda$  длина волны;  $D$  диаметр пьезо-преобразователя.

При наклонном введении УЗК определяют угол ввода УЗК в изделие.

Проверяется чувствительность дефектоскопов по эталонным образцам или стандартным образцам. При необходимости производится поверка всего ультразвукового дефектоскопа согласно нормативной документации:

- номинальные частоты;
- чувствительность дефектоскопа;
- погрешность аттенюатора;
- погрешность частоты следования импульсов;
- характеристики преобразователей;
- поверка номинальной амплитуды;
- определение основной абсолютной погрешности в зоне контроля.

Для ультразвукового эхо – импульсного дефектоскопа в соответствии с ГОСТ 23667 и РД 50–337–82 проводится:

- внешний осмотр (наличие документации согласно комплектации, наличие маркировки преобразователя электронного блока, отсутствие механических повреждений, целостность кабелей и т. д.);
- опробование определяет работоспособность дефектоскопа;
- поверка амплитуды и ее отклонение от номинального значения, длительности, частоты импульсов;
- определение основной абсолютной погрешности измерения амплитуды входного сигнала;
- определение основной погрешности глубиномера;
- поверка по образцовым мерам и стандартным образцам. КМД 4–0; КСО–2; КМД 18.0;
- определение условной чувствительности;
- определение разрешающей способности по дальности и фронту.

Для ультразвуковых толщиномеров при поверке проводится:

- внешний осмотр;
- опробование;
- поверка амплитуды и длительности переднего фронта импульса возбуждения;
- определение диапазона измеряемых толщин;
- определение основной погрешности толщиномера при измерении толщины;



- определение основной погрешности толщиномера при определении скорости распространения УЗК;
- определение дополнительной погрешности толщиномера при измерении толщины в зависимости от шероховатости поверхности и радиуса кривизны изделия;
- определение погрешности толщиномера при непараллельных образцах.

При поверке используют наборы стандартных образцов толщин КУСОТ–180 или КМТ–176–1. Комплект КУСОТ–180 состоит из:

- ГСО–2217–81 погрешность 0,3–0,7 % по толщине;
- ГСО–2218–81  $\pm 20$  % по шероховатости поверхности;
- ГСО–2219–81  $\pm 0,1$  мм по радиусу кривизны;
- ГСО–2220–81  $\pm 15–90$  мкм по параллельности;
- КМТ–176–1 комплект 0,3–0,7 % по толщине.

При поверке импедансных дефектоскопов проверяется:

- частота возбуждающего генератора;
- стабильность и величина амплитуды генератора;
- разность фаз между напряжениями пьезоэлементов присоединенных к генератору и усилителю дефектоскопа;
- чувствительность и избирательность усилителя;
- поверка по эталонам.

Дефектоскопы, основанные на методе свободных колебаний

АД–50У, АД–60С, поверяются:

- по амплитуде и длительности импульса;
- по частоте следования импульсов;
- по чувствительности и стабильности.

Поверка вихретоковых дефектоскопов проводится по:

- внешнему осмотру;
- наличие стандартных образцов;
- опробованию;
- частоте задающего генератора и ее стабильности;
- выходному напряжению генератора, погрешность не должна превышать 10 %;
- току возбуждения.

Вихретоковые структуроскопы поверяют по ГОСТ 8.283–78 и проводят:

- внешний осмотр;
- опробование;
- определение выходного напряжения;
- определение частоты;
- определение нестабильности;

- определение коэффициента усиления;
- определение чувствительности;
- полосы пропускания;
- определение входного сопротивления и входной емкости проводят при выпуске и после ремонта приборов.

Проверка вихретоковых и магнитных толщиномеров проводится в соответствии с ГОСТ 8.502–84 для толщины от 1 до 20000 мкм.

- внешний осмотр;
- опробование;
- определение основной погрешности толщиномера и средств измерений, с применением образцовых мер толщины по ГОСТ 25177–82.

## 10. СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ, ИСПОЛЬЗУЕМЫЕ ПРИ ПОВЕРКЕ СРЕДСТВ НЕРАЗРУШАЮЩЕГО КОНТРОЛЯ

При поверке СНК применяется большое число разнообразных средств измерений: амперметры, вольтметры, мосты, различные генераторы, осциллографы, фазовращатели, фазомеры, частотомеры, измерители нелинейных искажений и амплитудно-частотных характеристик, анализаторы спектра, аттенюаторы, веберметры, тесламетры, стандартные образцы, усилители.

### Приборы измеряющие ток и напряжение

Амперметры и вольтметры подразделяются на магнитоэлектрические, электромагнитные, электродинамические, индукционные и логометрические. Значения напряжений постоянного тока определяют электронными приборами, а высокоточные измерения выполняют с помощью компенсатора постоянного тока.

Принцип действия электромагнитных приборов заключается во взаимодействии магнитного поля контура с током с ферромагнитным сердечником, втягивающимся в щель катушки с током. Электромагнитные приборы применяются для измерения постоянного и переменного тока. Класс точности 0,5. Измерительный механизм экранирован. Недостатки приборов этого типа: неравномерность шкалы, большое собственное потребление мощности, зависимость показаний от внешних магнитных полей. Достоинства: простота конструкции, устойчивость к токовым перегрузкам до 15 кА и до 450 кВ, высокая надежность.

Принцип действия магнитоэлектрических приборов измерения тока и напряжения заключается во взаимодействии магнитного поля контура, по которому протекает ток, с полем постоянного магнита. К достоинствам этого типа приборов относятся: высокая точность измерений (классом до 0,05), равномерность шкалы, высокая чувстви-

тельность, малое потребление электроэнергии. Недостатки: относительная сложность конструкции, возможность измерения только постоянных токов, чувствительность к перегрузкам.

Принцип действия электродинамических приборов основан на взаимодействии магнитных полей двух катушек, по которым протекают токи. Конструктивно электродинамические приборы состоят из неподвижной и подвижной катушек. Подвижная катушка закрепляется на оси или на растяжках и может поворачиваться внутри подвижной катушки. Этими приборами измеряют ток, напряжение и мощность в цепях постоянного и переменного тока при частотах 20–100 кГц. Класс точности их 0,1; 0,2; 0,5. Приборы класса точности 0,1 и 0,2 применяются для поверки. К достоинствам приборов относятся стабильность показаний во времени. К недостаткам невысокая чувствительность, чувствительность к перегрузкам и большое собственное потребление энергии.

Электронные вольтметры измеряют постоянные и переменные напряжения в широком диапазоне частот. Они имеют на входе усилители постоянного или переменного тока.

Мостовые цепи. При поверке некоторых СНК (вихретоковых) требуется измерять активное и полное сопротивление, индуктивность, емкость, добротность катушек и колебательных контуров. Эти характеристики определяют методом амперметра и вольтметра, мостовым и резонансным методом.

Существуют мосты постоянного тока для измерения сопротивлений от  $10^{-6}$  до 1016 Ом с погрешностью  $\pm 1,5\%$ , сопротивлений  $10^{-6}$ – $10^{-5}$  Ом, сопротивлений  $10^2$ – $10^{10}$  Ом с погрешностью  $\pm 0,05\%$ . Эти мосты бывают уравновешенные и неуравновешенные. В уравновешенных мостах значение определяется, когда показывающий прибор устанавливается на нуль, а в неуравновешенном – непосредственно по шкале прибора. Схема моста простая (рис. 3).

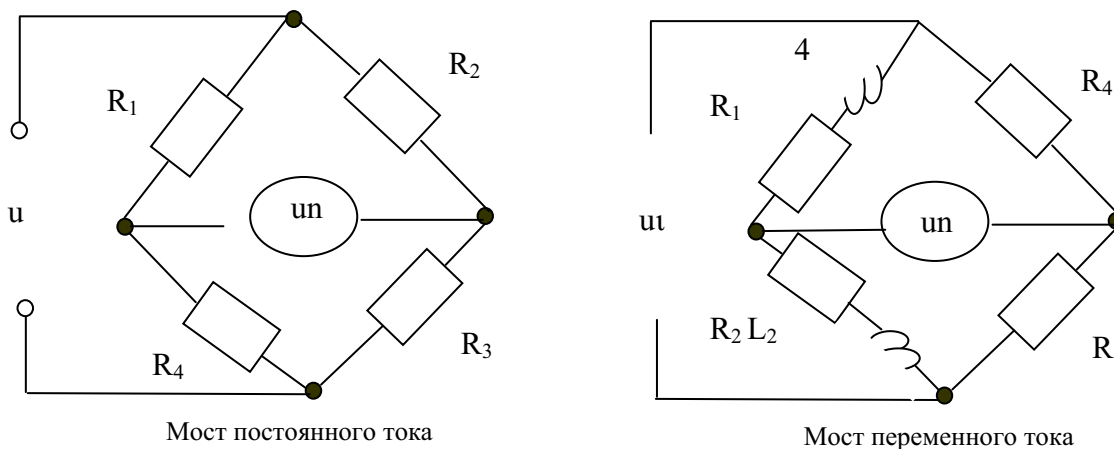


Рис. 3

Мосты переменного тока применяются для измерения емкости и индуктивности. В качестве измерительного прибора используются ламповые или выпрямительные вольтметры. В этих мостах уравнивание моста проводится по активному сопротивлению и фазе. Класс точности мостов переменного тока 0,1; 0,2; 0,5; 1,2 и 5. Эти мосты применяются также для измерения  $\text{tg}\delta$ .

Измерительные генераторы. Назначение измерительных генераторов имитировать сигналы различной формы, амплитуды, частоты, длительности для исследования устройств в условиях, аналогичных эксплуатационным. Параметры сигналов должны быть известны.

По диапазону частот генераторы условно подразделяются на низкочастотные (20Гц–200кГц), высокочастотные (30кГц–300МГц), сверхвысокочастотные (30МГц–10ГГц) и импульсные.

Генераторы гармонических колебаний вырабатывают сигналы синусоидальной формы. Генераторы импульсов различаются формой, полярностью, длительностью и скважностью импульсов (скважность отношение периода, т. е. длительности импульса  $\tau$ , т. е.  $T/\tau$ ).

Генераторы импульсов вырабатывают импульсы длительностью от нескольких наносекунд до нескольких десятков миллисекунд.

Существуют еще генераторы шумовых сигналов, генераторы специальной формы и генераторы качающейся частоты (свип-генераторы), предназначенные для исследования характеристик радиотехнических устройств.

Схема низкочастотного генератора приведена на рис. 4. Источником синусоидальных колебаний обычно служит RC генератор. Согласующие устройства и аттенюатор обеспечивают установку определенного выходного сопротивления 600, 50 или 5 Ом для согласования генератора с волновым сопротивлением подключающего кабеля. Напряжение регулируется аттенюатором. Применяются следующие генераторы ГЗ–33; ГЗ–109; ГЗ–7А; ГЗ–118.

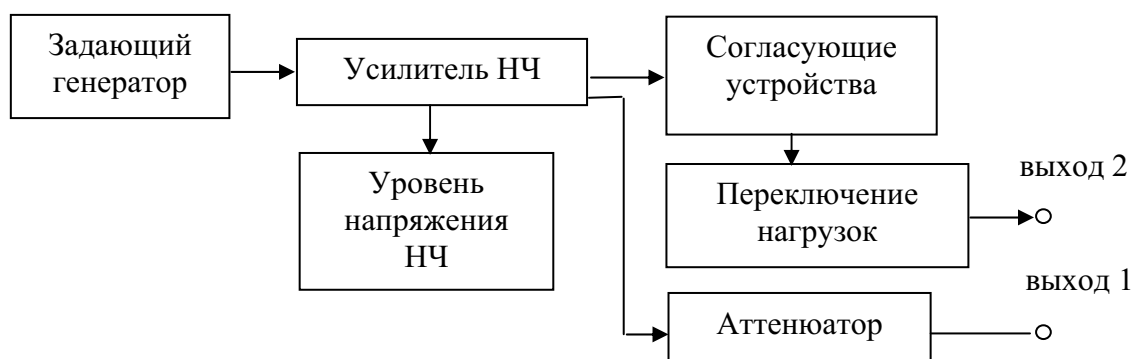


Рис. 4. Схема НЧ генератор

Генератор высокочастотных колебаний состоит из задающего LC генератора, резонансного усилителя, высокочастотных аттенюаторов, внутреннего и внешнего модуляторов. В качестве внешнего модулятора используется генератор низкочастотных колебаний. Схема представлена на рис. 5.

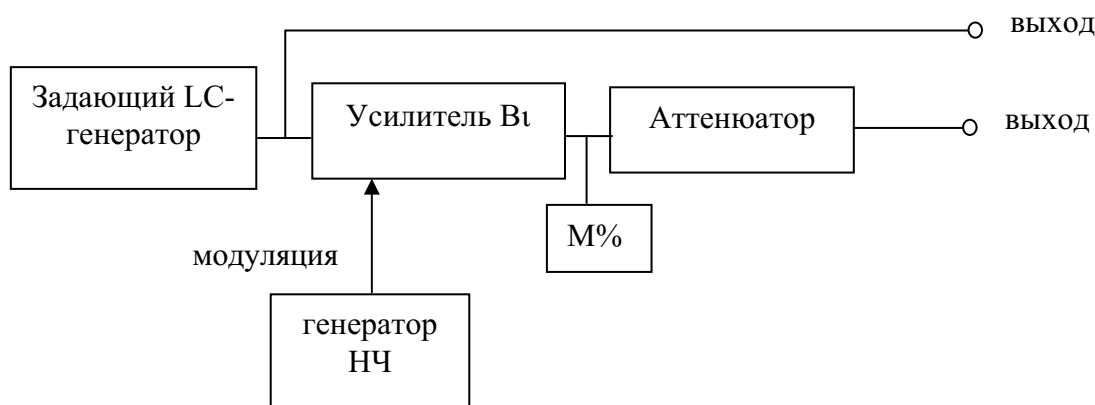


Рис. 5

Для поверки электронных блоков ультразвуковых дефектоскопов применяются генераторы Г4–102 и Г4–158.

Генераторы прямоугольных импульсов предназначены для поверки и регулировки характеристик различных радиотехнических устройств. Они работают в режиме внешнего и внутреннего запуска. Они используются для поверки ультразвуковых дефектоскопов. Используются генераторы Г5–54; Г5–26.

Электронно-лучевые осциллографы предназначены для визуального наблюдения или определения параметров электрических процессов. Ими измеряют напряжения, длительность импульсов, частоту, фазу, временные интервалы и т. п. Осциллографы подразделяются на универсальные, скоростные, стробоскопические и запоминающие. Они могут быть одно-, двух- и многолучевыми. Осциллографы применяются при поверке УЗ-дефектоскопов (С1–65А, С1–70, С1–114).

Для поверки акустических дефектоскопов применяются низкочастотные осциллографы С1–76.

Измерение амплитуды импульса тока при поверке магнитопорошковых дефектоскопов осуществляется запоминающими осциллографами С8–9А, С8–12.

Электронно-счетные частотомеры позволяют определять частоту, период, длительность интервала времени и импульса, число импульсов. Они применяются для поверки УЗ приборов (43–34А).

Фазометры применяются для измерения сдвига фаз. Они применяются при поверке вихретоковых и ультразвуковых приборов. Используются фазометры Ф2–13, Ф2–16.

Приборы, измеряющие магнитные величины. При поверке СНК требуется измерять магнитный поток, магнитную индукцию и напряженность магнитного поля. Используются для измерения магнитного потока баллистические гальванометры М197/1, М197/2 с ценой деления  $3,5 \cdot 10^{-5}$  и  $0,35 \cdot 10^{-5}$  Вб/дел. Используются также веберметры М119 и М1119, фотокомпенсационный микровеберметр Ф-190, позволяющий измерять магнитные потоки от 2 до 500 мкВб с погрешностью 1,5–2,5 % и др.

Имеются также тесламеры, позволяющие измерять индукцию и напряженность магнитных и электромагнитных полей (Ш1–8 измеряет магнитную индукцию от 0,01 до 1,6 Тл с погрешностью 2 %).

## **11. СЕРТИФИКАЦИЯ МЕТОДОВ И СРЕДСТВ НЕРАЗРУШАЮЩЕГО КОНТРОЛЯ**

В соответствии с Законом РФ «О сертификации продукции и услуг» в России создана Система сертификации средств измерений, которая носит добровольный характер и удостоверяет соответствие измерительных средств заявителей метрологическим правилам и нормам. При организации Системы принимались во внимание и учитывались нормативные документы международных организаций ИСО, МЭК, ИЛАК, Системы сертификации ГОСТ.Р и системы сертификатов МОЗМ.

Организационно в Систему входят:

- управление метрологии Госстандарта РФ-центральный орган системы;
- координационный совет;
- апелляционный комитет;
- научно-методический центр ВНИИМС;
- органы по сертификации;
- испытательные лаборатории (центры) средств измерений.

Центральный орган Системы выполняет следующие функции:

- организует, координирует и осуществляет методическое руководство работами по сертификации в Системе;
- устанавливает основные принципы и правила сертификации в Системе;
- определяет номенклатуру средств измерений, подлежащих сертификации;
- аккредитует органы по сертификации и испытательные лаборатории;
- выполняет функции органа по сертификации при его отсутствии;
- организует инспекционный контроль за деятельностью аккредитованных органов по сертификации и испытательных лабораторий;

- взаимодействует с международными и зарубежными организациями по вопросам сертификации;
- решает вопрос о признании документов об аккредитации лабораторий и испытательных лабораторий других стран, зарубежных сертификатов и знаков соответствия, а также результатов испытаний средств измерений.

Научно-методический центр Системы:

- разрабатывает принципы, правила и структуру системы;
- организует работы по аккредитации органов по сертификации и испытательных лабораторий;
- регистрирует сертифицированные средства измерений, органы по сертификации, испытательные лаборатории и нормативные документы;
- ведет реестр Системы;
- формирует банк данных и занимается информационным обеспечением Системы.

В состав координационного совета входят представители промышленности, научно-технических обществ, обществ потребителей, органов по сертификации, испытательных лабораторий, метрологических НПО и НИИ, территориальных органов Госстандарта РФ и др. заинтересованных организаций.

Система сертификации средств измерений предусматривает:

- добровольную сертификацию средств измерений на соответствие метрологическим нормам и правилам по любым видам измерений;
- разработку, ведение и актуализацию нормативных документов, устанавливающих метрологические правила и нормы на средства измерений;
- разработку, ведение и актуализацию типовых программ испытаний для целей сертификации средств измерений;
- апробирование и утверждение в процессе сертификации методик калибровки средств измерений, а также подготовку предложений по межкалибровочным интервалам;
- аттестацию методик выполнения измерений с помощью сертифицированных средств измерений;
- создание разветвленной сети аккредитованных по видам измерений органов по сертификации средств измерений и испытательных лабораторий конкретных групп средств измерений;
- осуществление сотрудничества с национальными метрологическими службами стран по взаимному признанию аккредитации органов по сертификации, лабораторий, сертификатов соответствия, знаков соответствия, а также результатов сертификации средств измерений.

#### Основные цели Системы:

- обеспечение единства измерений;
- содействие экспорту и повышение конкурентоспособности средств измерений.

#### Основные задачи Системы:

- проверка и подтверждение соответствия средств измерений установленным метрологическим нормам и требованиям в соответствии с нормативными документами;
- проверка обеспеченности сертифицируемых средств измерений методами и средствами калибровки для передачи размеров от утвержденных Госстандартом России эталонов;
- проверка соответствия средств измерений дополнительным требованиям, указанным заявителем.

Сертификацию средств измерений осуществляют аккредитованные органы по сертификации средств измерений с учетом результатов испытаний, проведенных аккредитованными испытательными лабораториями. Сертификат соответствия выдает заявителю Центральный орган Системы или по согласованию орган по сертификации. Порядок работ по аккредитации приведен в МИ 2277–93 – МИ 2279–93. Он включает:

- представление заявителям в Центральный орган заявки на проведение сертификации;
- рассмотрение заявки и принятия по ней решения;
- проведение испытаний;
- сертификация производства или системы качества;
- анализ полученных результатов и принятие решения о возможности выдачи сертификата;
- регистрация материалов испытаний и выдача сертификата соответствия;
- информация о результатах сертификации.

## **12. АТТЕСТАЦИЯ (АККРЕДИТАЦИЯ) ЛАБОРАТОРИЙ НЕРАЗРУШАЮЩЕГО КОНТРОЛЯ**

Порядок аккредитации (аттестации) лабораторий неразрушающего контроля установлен документом (Положение об аттестации лабораторий) Госгортехнадзора от 29 августа 1996 года. Аттестация лабораторий проводится с целью определения технической компетентности и организационно-технической готовности лабораторий к выполнению НК или диагностики. Аттестацию проводят органы по аттестации, имеющие ли-



цензии от Госгортехнадзора. Лаборатории выдается свидетельство об аттестации или аттестат на 3 года с регистрацией в реестре РОСЭК.

Порядок проведения аттестации следующий:

- подача заявки на аттестацию с документами (копия устава положения, паспорт лаборатории, виды деятельности по НК, согласие на прием экспертной комиссии);
- регистрация заявки и заключение договора;
- экспертиза документов;
- формирование экспертной комиссии;
- обследование лаборатории, отчет комиссии;
- рассмотрение результатов аттестации;
- оформление, регистрация в реестре и выдача свидетельства (аттестата).

Органы Госгортехнадзора осуществляют постоянный надзор за деятельностью аттестованных лабораторий. В случае нарушения положений об аттестации лаборатория может быть лишена права на аттестацию с аннулированием свидетельства и исключения из реестра.

В последнее время аттестация постепенно заменяется аккредитацией и проводится по Российской системе аккредитации органами Госгортехнадзора.

### **13. СИСТЕМА СЕРТИФИКАЦИИ ПЕРСОНАЛА ПО НЕРАЗРУШАЮЩЕМУ КОНТРОЛЮ**

Основопологающий документ по сертификации персонала для обеспечения НК разработан в ВНИИОФИ и утвержден Госстандартом России 11.04.97 г. № 99.

Этот документ устанавливает основные принципы структуры и правила системы сертификации персонала в области НК. Эта система построена на основе международных норм и стандартов и при этом использует следующие основные термины и определения:

Соответствие – соблюдение всех установленных требований к продукции или услуге (ИСО/МЭК2) или выполнение установленных требований (ИСО9000).

Система сертификации – система, располагающая собственными правилами процедуры и управления для проведения сертификации соответствия (ИСО/МЭК2).

Квалификация – наличие подготовки, профессиональных знаний, мастерства и опыта (EN473–92).

Уполномоченный орган – независимой какой либо деятельности, уполномоченный независимым органом по сертификации проводить подготовку к экзаменам и осуществлять экзамены и определять уровень квалификации персонала (EN473–92).

Экзаменационный центр – центр, утвержденный независимым органом по сертификации, или узаконенной другой уполномоченный орган, в котором будут проводиться квалификационные экзамены (EN473–92).

Экзаменатор – специалист 3-го уровня квалификации по тому методу, по которому будут проводить экзамен уполномоченным независимым органом по сертификации, наблюдать за экзаменами, определять уровень квалификации по НК (EN473–92).

Эксперт – лицо, признанное органом по сертификации компетентным для проведения определенного вида работ в области сертификации персонала.

Лицо с правом подписи – лицо, признаваемое органом по аккредитации компетентным для подписи документов по сертификации (ИСО/МЭК2).

Кандидат – лицо, добывающееся получения сертификата компетентности от органа по сертификации (ИСО9172–92, EN473–92).

Система качества – совокупность организационной структуры, методик, процессов и ресурсов, необходимых для осуществления общего руководства качеством.

Организационная структура – распределение ответственности и полномочий, взаимоотношений, между работниками (ИСО9000).

Квалификационный экзамен – экзамен, который демонстрирует общие, специальные и практические знания и мастерство кандидата и проводится независимым органом по сертификации или уполномоченным органом.

Производственный сектор – определенная отрасль производства или технологии, где используются специальные технические средства НК, которые требуют специальных знаний, мастерства оборудования, подготовки, ориентированных на контролируемую продукцию.

Цель системы сертификации персонала в области неразрушающего контроля

Главной целью системы является обеспечение условий для получения объективной информации о состоянии контролируемой продукции через оценку соответствия квалификации персонала, проводящего НК.

Виды деятельности Системы следующие:

- сертификация персонала в области НК;
- утверждение уполномоченных органов;
- утверждение экзаменационных центров;
- инспекционный контроль за сертифицированным персоналом.

Основные правила Системы предусматривают сертификацию персонала в области НК по трем уровням и носит добровольный характер.

Специалисты 1 уровня квалификации должны знать:

- типы дефектов, подлежащих выявлению, и вероятные зоны их образования в конкретных объектах контроля;
- принцип и основные сведения о методе НК;
- принцип работы, органы управления и порядок настройки аппаратуры, с которой будет работать специалист;
- основные положения методики (процедуры) и нормативные документы по контролю, а также факторы, влияющие на достоверность обнаружения дефектов и способы ее повышения;
- порядок оформления результатов контроля;
- правила охраны труда и техники безопасности.

Они должны уметь:

- подготавливать объект к контролю и настраивать аппаратуру для контроля в соответствии с нормативными документами;
- выполнять все операции по контролю;
- фиксировать на объекте контроля и в соответствующий документации зоны дефектов.

Специалисты первого уровня ведут работы без выдачи заключения. Требования к специалистам 1 группы следующие: среднее образование и подготовка на специальных курсах.

Специалисты II уровня квалификации должны знать:

- определение понятия качества и контроля качества продукции и брака, их классификацию;
- конструктивные особенности, технологию изготовления, эксплуатации и ремонта объекта контроля, типы дефектов, их потенциальную опасность и вероятные зоны образования с учетом действующих нагрузок;
- физические основы методов неразрушающего контроля;
- принципы построения и функциональную схему аппаратуры для конкретного метода контроля;
- основные параметры метода и аппаратуры, определяющие достоверность результатов контроля, способы их измерения и метрологического обеспечения;
- измеряемые характеристики и признаки выявленных дефектов;
- технологию контроля конкретных объектов данным методом (подготовка объекта, выбор основных параметров, настройка аппаратуры, проведение контроля);
- порядок оформления результатов контроля и хранения документации;
- стандарты и другие нормативные документы по контролю конкретного вида объектов данным методом;
- правила техники безопасности и охраны труда;

- возможные другие методы контроля объектов данного типа;
- порядок организации участков и рабочих мест при контроле конкретных объектов;
- основные неисправности дефектоскопической аппаратуры и возможные способы их устранения в условиях предприятия, на котором осуществляется контроль.

Они должны уметь:

- проверять работоспособность аппаратуры и настраивать ее на заданные параметры;
- выполнять операции по контролю конкретным методом объектов определенного вида и интерпретировать его результаты;
- оценивать качество и давать заключение о качестве проконтролированного объекта;
- оформлять результаты контроля с выдачей соответствующего заключения;
- составлять технологические карты контроля конкретных изделий в соответствии с действующими нормативными и техническими документами;
- давать заключение о качестве объектов, проконтролированных специалистами I уровня квалификации, с проведением, при необходимости, инспекционного контроля.

Требования к квалификации специалистов II группы следующие: среднее, среднетехническое и высшее образование, а также подготовка на специальных курсах. Они могут участвовать в аттестационных комиссиях, проводить инспекционный контроль, клеймить и маркировать объекты, прошедшие контроль, а также разрабатывать руководящие документы.

Специалисты III уровня квалификации должны знать:

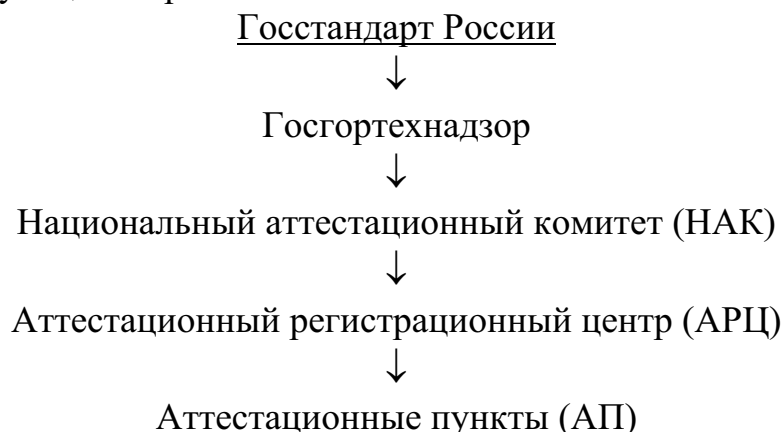
- общие вопросы неразрушающего контроля;
- конструктивные особенности, технологию изготовления, эксплуатации и ремонта объекта контроля, типы и виды дефектов, вероятные зоны их образования с учетом действующих на объект нагрузок и других факторов;
- физические основы методов контроля;
- системы контроля, используемые для проверки объектов определенного вида;
- принципы построения, функциональные схемы и правила эксплуатации аппаратуры для данного метода контроля;
- основные параметры метода и аппаратуры, определяющие достоверность результатов контроля, методы их расчета и допуски на отклонения от номинальных значений;

- способы подавления мешающих при контроле факторов и способы выявления и предоставления информации, необходимой для оценки результатов контроля;
  - метрологическое обеспечение конкретного метода контроля;
  - измеряемые характеристики и идентификационные признаки для разделения дефектов по классам и видам;
  - технологию контроля различной продукции данным методам;
  - порядок разработки нормативной и технической документации на контроль объектов;
  - стандартные и другие нормативные документы и правила по методу контроля и на аппаратуру для его применения;
  - порядок оформления результатов контроля и хранения документации;
  - правила техники безопасности и охраны труда;
  - вредные экологические факторы данного метода контроля и способы предотвращения их воздействия на окружающую среду и человека;
  - принципы планирования и организации работы подразделения НК;
  - современное состояние и перспективы развития данного вида НК.
- Специалисты III уровня квалификации должны уметь:
- проверять работоспособность аппаратуры и настраивать ее на заданные параметры;
  - выполнять операции контроля и интерпретировать результаты контроля;
  - оценивать качество по результатам контроля одним или несколькими методами и давать заключение о качестве проконтролированного объекта;
  - оформлять результаты контроля с выдачей соответствующего заключения;
  - выбирать эффективные методы и системы НК конкретных объектов при их изготовлении, эксплуатации и ремонте;
  - разрабатывать методики и технологические карты контроля в соответствии с действующими нормативными документами;
  - давать заключение о качестве объектов, проконтролированных специалистами I и II уровней квалификации, с проведением, при необходимости, инспекционного контроля.

Специалисты III уровня руководят работой специалистов I и II уровней, имеют методические и научные труды, разрабатывают методики НК, проводят инспекционный контроль, участвуют в работе аттестационных комиссий.

Требования к квалификации специалистов III группы следующие: специальное высшее образование и стаж работы не менее 2 лет.

По вертикале система сертификации и аттестации специалистов НК устроена следующим образом:



Организационная структура системы сертификации персонала в области неразрушающего контроля приведена на рис 6.

Контроль за системой сертификации осуществляет национальный орган по сертификации (Госстандарт России).

Сертификация персонала в области НК осуществляется руководящим органом по сертификации и уполномоченным органом.

Руководящий орган осуществляет общее оперативное руководство системой и ведет реестр системы. В качестве руководящего органа в России выступает ВНИИОФИ. У него имеется исполнительное бюро, бюро по персоналу высшей квалификации, бюро информационного обслуживания, реестр и научно-методический комитет.

Управляющий совет осуществляет научное и методическое руководство системой и контроль за деятельностью системы. Он состоит из представителей Госстандарта РФ, органа спецнадзора, производственных секторов и Российского общества неразрушающего контроля и несет ответственность за выдачу сертификатов.

Уполномоченный орган обеспечивает выполнение функций по проведению практических процедур сертификации и несет ответственность за выдачу сертификатов.

Экзаменационные центры организуют и проводят экзамены по всем видам неразрушающего контроля.

Необходимые документы для аттестации персонала:

- копия диплома об образовании;
- справка о специальной подготовке;
- справка о непрерывном стаже работы;
- медицинская справка;
- протокол о сдаче экзаменов (теоретическом, практическом, специальном).



*Рис. 6. Организационная структура системы сертификации персонала в области НК*

Кроме того, учитывается соблюдение норм персональной этики. Каждый специалист, имеющий сертификат по НК, должен заботиться о том, чтобы его деятельность не наносила ущерб людям и окружающей среде. Знания и практический опыт должны использоваться им с учетом и в соответствии с техническими нормами и правилами. Он должен принимать на себя такую степень ответственности на что получил сертификат.

Основные правила сертификации изложены в следующих документах:

- ПНК.02 «Система сертификации персонала в области НК. Порядок проведения сертификации персонала».
- ПНК.03 «Система сертификации персонала в области НК. Порядок утверждения уполномоченных органов».
- ПНК.04 «Система сертификации персонала в области НК. Положение о центральном органе по сертификации персонала и уполномоченных органов».

Кроме того, используется нормативная документация:

- государственные и отраслевые стандарты;
- международные и региональные стандарты;
- комплекс документов системы сертификации;
- реестр системы во ВНИИОФИ;
- необходимая справочная документация.

## Список литературы

1. Козлов В.В. Поверка средств неразрушающего контроля. – М.: Изд. стандартов, 1989. – 215 с.
2. Бурдун Г.Д., Марков Б.Н. Основы метрологии: учеб. пособие для вузов. – М: Изд. стандартов, 1985. – 256 с.
3. Артемьев Б.Г., Голубев С.М. Справочное пособие для работников метрологических служб. – М: Изд. стандартов, 1986. – 553 с.
4. Карякин А.В., Боровиков А.С. Люминесцентная и цветная дефектоскопия. – М: Машиностроение, 1972. – 248 с.
5. Приборы неразрушающего контроля материалов и изделий: справочник: в 2 кн / под ред. В.В. Ключева. – М: Машиностроение, 1986. – Кн. 1. – 487 с.; Кн. 2. – 351 с.



Учебное издание

КУЛЕШОВ Валерий Константинович  
ФИЛАТОВ Иван Степанович

# МЕТРОЛОГИЯ, СТАНДАРТИЗАЦИЯ И СЕРТИФИКАЦИЯ НЕРАЗРУШАЮЩИХ МЕТОДОВ И СРЕДСТВ КОНТРОЛЯ

Учебное пособие


Редактор *С.П. Барей*  
Верстка *А.И. Сидоренко*  
Дизайн обложки *О.Ю. Аршинова*

Подписано к печати 15.12.2008. Формат 60x84/16. Бумага «Снегурочка».  
Печать XEROX. Усл. печ. л. 4,71. Уч.-изд. л. 4,26.  
Заказ 872. Тираж 200 экз.



Томский политехнический университет  
Система менеджмента качества  
Томского политехнического университета сертифицирована  
NATIONAL QUALITY ASSURANCE по стандарту ISO 9001:2000



ИЗДАТЕЛЬСТВО  ТПУ. 634050, г. Томск, пр. Ленина, 30.  
Тел/факс: +7(3822)56-35-35, www.tpu.ru