



МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
МАШИНОСТРОИТЕЛЬНЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ (МАМИ)
УНИВЕРСИТЕТ МАШИНОСТРОЕНИЯ

Кафедра «Стандартизация, метрология и сертификация»

В.И. Колчков

МЕТРОЛОГИЯ, СТАНДАРТИЗАЦИЯ И СЕРТИФИКАЦИЯ

Учебное пособие

Москва
2013

Учебник предназначен для студентов среднего профессионального образования, обучающихся по специальностям технического профиля, ориентированных на обеспечение производства промышленной продукции.

Автор учебника в течение длительного времени формировал курс лекций из совмещённых учебных дисциплин по данному направлению и практически реализовал его, преподавая в МВТУ им. Н.Э. Баумана и МГУИЭ (МИХМ).

Учебник направлен на изучение дисциплины *"Метрология, стандартизация и сертификация"*, в которой содержатся в виде разделов или читаемых в качестве отдельных самостоятельных дисциплин, такие курсы как: *"Основы взаимозаменяемости"*, *"Взаимозаменяемость"*, *"Основы взаимозаменяемости и нормирование точности"*, *"Взаимозаменяемость, стандартизация и технические измерения"*, *"Метрология, стандартизация и контроль качества"*, *"Управление качеством продукции"*, *"Метрология и метрологическое обеспечение"*.

Стандартизация, является нормативной базой для сопоставимости результатов исследований, испытаний и измерений, а также, полученных технических и экономико-статистических данных при производстве конкурентоспособной промышленной продукции высокого качества.

Взаимозаменяемость, как принцип проектирования, изготовления и эксплуатации, позволяет значительно сократить затраты на всех стадиях производства однородной продукции.

Метрология и технические измерения - необходимый инструмент для сертификации, контроля продукции и надзора за соблюдением технических регламентов.

В учебнике содержатся сведения, которые могут быть использованы для составления методических указаний по проведению практических занятий: лабораторных работ, семинарских занятий.

Изложенный в учебнике материал может быть полезен преподавателям учебных заведений различного уровня, которые готовят специалистов в соответствующих направлениях, а также инженерно-техническим работникам, занятым в сфере промышленного производства.

Содержание

1. Техническое регулирование. Сертификация
 - 1.1. Основные положения и цели технического регулирования
 - 1.2. Безопасность продукции
 - 1.3. Технические регламенты
 - 1.4. Подтверждение соответствия. Сертификация
2. Стандартизация. История развития стандартизации
 - 2.1. Цели и принципы стандартизации
 - 2.2. Основные положения национальной системы стандартизации в РФ
 - 2.3. Методические основы стандартизации
 - 2.3.1. Положения научной организации работ по стандартизации
 - 2.3.2. Система предпочтительных чисел
 - 2.3.3. Параметрические ряды
 - 2.3.4. Формы стандартизации
 - 2.3.5. Типизация технологических процессов и конструкций изделий
 - 2.3.6. Унификация и агрегатирование изделий
 - 2.4. Комплексные системы стандартов
 - 2.4.1. Единая система конструкторской документации (ЕСКД)
 - 2.4.2. Единая система технологической документации (ЕСТД)
 - 2.4.3. Стандарты по безопасности жизнедеятельности
 - 2.4.4. Единая система программных документов (ЕСПД)
 - 2.4.5. Межгосударственная система стандартизации (МГСС)
 - 2.5. Международная, региональная и национальная стандартизация
 - 2.5.1. Цели международной стандартизации
 - 2.5.2. Международные организации по стандартизации
 - 2.5.3. Стандартизация в рамках Европейского союза (ЕС)
 - 2.5.4. Национальная стандартизация в развитых странах
3. Метрология и технические измерения
 - 3.1. Общие сведения. Законодательная база метрологии
 - 3.2. Виды и методы измерений
 - 3.3. Международная система единиц физических величин
 - 3.4. Объекты измерений, измеряемые величины
 - 3.4.1. Измеряемые величины
 - 3.4.2. Размер измеряемой величины
 - 3.5. Средства измерений.
 - 3.5.1. Эталоны
 - 3.5.2. Меры и образцовые измерительные приборы
 - 3.5.3. Передача размера физических величин
 - 3.5.4. Измерительные приборы и установки
 - 3.5.5. Метрологические показатели и характеристики измерительных приборов

- 3.6. Виды погрешностей и причины их возникновения
- 3.7. Метрологическое обеспечение измерений
 - 3.7.1. Поверка, ревизия и экспертиза средств измерений
 - 3.7.2. Государственные испытания средств измерений
- 3.8 Контроль качества продукции
- 3.9 Измерение и контроль параметров изделий
 - 3.9.1. Выполнение измерений и контроля
 - 3.9.2. Выбор средств измерений
 - 3.9.3. Точность средств измерения и контроля
 - 3.9.4. Обработка результатов измерений
 - 3.9.5. Примеры обработки результатов измерений

Производство конкурентоспособной промышленной продукции высокого качества в условиях рыночной экономики требует регулирования производственных отношений между хозяйствующими субъектами во всех сферах деятельности. Это относится, в частности, к установлению и принятию обязательных и добровольных требований к продукции, процессам её изготовления, а также оценке соответствия её техническим регламентам и контролю над соблюдением требований технических регламентов. Практическое овладение знаниями по стандартизации, сертификации и методам проведения контрольно-надзорных функций, техническими средствами, является необходимым условием подготовки высококвалифицированных специалистов.

1. Техническое регулирование

1.1. Основные положения и цели технического регулирования

В настоящее время, производство продукции на всех стадиях жизненного цикла должно регулироваться *Законом РФ "О техническом регулировании"*. Этот документ предусматривает разработку технических регламентов, в которых прописываются обязательные требования к выпускаемой продукции, процессам её производства, эксплуатации, хранения и утилизации. С принятием закона с июля 2003 года в России начинается процесс создания чёткой системы технического регулирования, которая в первую очередь исключает дублирование множества технических документов, разрабатываемых различными ведомствами.

Техническое регулирование осуществляется на самом высоком уровне: обязательные требования к продукции, процессам производства принимают уровень *законов*.

Целью разработки закона является гармонизация нашей системы отношений с международной, прежде всего европейской, что даёт возможность выхода отечественных товаров на мировой рынок. Устранение барьеров в торговле обеспечивает также равные условия для российских и зарубежных производителей на российском рынке.

Федеральный закон регулирует отношения, возникающие при: разработке, принятии, применении и исполнении обязательных требований к продукции, процессам производства, эксплуатации, хранения, перевозки, реализации и утилизации, выполнению работ или оказанию услуг; тоже самое осуществляется и на добровольной основе; кроме того, закон регулирует отношения при оценке соответствия; устанавливает права и обязанности участников. Содержащиеся в законе основные понятия охватывают весь круг вопросов, входящих в этапы жизненного цикла создания продукции.

Выполнение работ в определенной области оценки соответствия поручается определённому физическому или юридическому лицу, для чего предоставляется *аккредитация* - официальное признание органом по аккредитации компетентности физического или юридического лица.

1.2. Безопасность продукции

Понятие *безопасность* продукции, процессов производства, эксплуатации, хранения, перевозки, реализации и утилизации или просто безопасность соответствует состоянию, при котором отсутствует недопустимый риск, связанный с причинением вреда жизни или здоровью граждан, имуществу физических или юридических лиц, государственному или муниципальному имуществу, окружающей среде, животным, растениям.

Контроль за безопасностью продукции, осуществляемый в настоящее время нашими производителями непосредственно на производстве, для всей продукции, в том числе зарубежной, будет осуществляться, прежде всего, на рынке, как это делается в мире.

В международной практике широко распространена практика *декларирования соответствия* как формы подтверждения соответствия продукции требованиям *технических регламентов*, при этом необходимые процедуры проводит сам производитель продукции. Такая продукция удостоверяется документом - *декларацией о соответствии*, указывающим на соответствие выпускаемой в обращение продукции установленным требованиям.

Информирование приобретателей о соответствии выпускаемой в обращение продукции требованиям технических регламентов осуществляется специальным обозначением - *знаком обращения* на рынке. В случае если объект *сертификации* соответствует требованиям системы добровольной сертификации или национальному стандарту, то для информирования потребителей служит *знак соответствия*.

Контроль (надзор) за соблюдением требований технических регламентов заключается в проверке выполнения юридическим лицом или индивидуальным предпринимателем требований технических регламентов к продукции, процессам производства, эксплуатации, хранения, перевозки, реализации и утилизации и принятию мер по результатам проверки.

Юридическое лицо или индивидуальный предприниматель, *аккредитованные* в установленном порядке для выполнения работ по сертификации представляют *орган по сертификации*.

Прямое или косвенное определение соблюдения требований, предъявляемых к объекту, есть *оценка соответствия*. Подтверждение соответствия заключается в документальном удостоверении соответствия продукции, процессов производства и др. требованиям технических регламентов, положениям стандартов или условиям договоров.

Поскольку любое событие совершается с определённой вероятностью, вводится понятие *риск* как вероятности причинения вреда жизни или здоровью граждан, имуществу физических или юридических лиц, государственному или муниципальному имуществу, окружающей среде, жизни или здоровью животных и растений с учетом тяжести этого вреда.

1.3. Технические регламенты

Технический регламент - документ, который принят международным договором Российской Федерации, ратифицированным в порядке, установленном законодательством Российской Федерации, или федеральным законом, или указом Президента Российской Федерации, или постановлением Правительства Российской Федерации и устанавливает обязательные для применения и исполнения требования к объектам технического регулирования.

Технические регламенты принимаются исключительно в целях защиты жизни или здоровья граждан, имущества физических или юридических лиц, государственного или муниципального имущества; охраны

окружающей среды, жизни или здоровья животных и растений; предупреждения действий, вводящих в заблуждение приобретателей.

Содержание и применение технических регламентов строго определено. Например, должны быть установлены минимально необходимые требования, безопасности в различных сферах, при этом учитывается степень риска причинения вреда. Регламент содержит описание продукции, которое должно содержать в себе необходимые подходы и правила идентификации, т.е. тождественности характеристик продукции её существенным признакам.

Требования содержат конкретные данные, определяемые международными соглашениями. Например, документом ЕС по изделию, определено, что краска для покраски поверхности не должна содержать перечисленные химические элементы, и приведены допустимые нормы их концентрации и т.п. При разработке технических регламентов в качестве основы могут быть использованы международные и национальные стандарты.

Технические регламенты содержат правила и методы измерений, исследований, испытаний, а также правила отбора образцов необходимых для этих целей, с учётом специфики продукции.

Обязательные технические требования к отдельным видам продукции, процессам производства, эксплуатации, хранения, перевозки, реализации и утилизации определяются совокупностью требований общих технических регламентов и специальных технических регламентов.

Требования общего технического регламента обязательны для применения и соблюдения в отношении любых объектов технического регулирования.

Требованиями специального технического регламента учитываются технологические и иные особенности отдельных видов продукции, процессов производства, эксплуатации и других объектов.

Таким образом, требования общего технического регламента принимаются, например, по вопросам безопасной эксплуатации и утилизации машин и оборудования; электромагнитной совместимости; а также пожарной, экологической, ядерной, радиационной и биологической безопасности.

Специальные технические регламенты устанавливают требования только к тем отдельным видам продукции, процессам производства минимально необходимый уровень, которых не обеспечивается общими регламентами.

Разработчиком проекта технического регламента может быть любое лицо, и проект регламента должен быть доступен для ознакомления всем заинтересованным лицам, государственным органам и производителям продукции, а также для публичного обсуждения.

Наиболее значимые технические регламенты при соблюдении ряда требований к их разработке принимаются в виде федеральных законов.

Сертификация - процесс установления соответствия продукции (процесса, услуги) требованиям технических условий (ТУ).

Сертификация - основной достоверный способ доказательства соответствия продукции (процесса, услуги) заданным требованиям.

Порядок проведения сертификации устанавливает последовательность действий, составляющих совокупную процедуру сертификации.

1. *Подача заявки на сертификацию.* Заявитель направляет заявку в соответствующий орган по сертификации. Орган по сертификации рассматривает заявку и в срок, установленный порядком сертификации однородной продукции, сообщает заявителю решение. В решении, в числе различных сведений, необходимых заявителю, предлагается перечень соответствующих аккредитованных организаций и испытательных лабораторий, которые могут выполнить указанный объем работ.

2. *Отбор, идентификация образцов и их испытания.* Образцы для испытаний отбирает, как правило, испытательная лаборатория или другая организация по ее поручению. В отдельных случаях этим занимается орган по сертификации. Протоколы испытаний представляются заявителю и в орган по сертификации, их хранение соответствует сроку действия сертификата.

3. *Конструкторско-технологическая экспертиза нормативно-технической документации (НТД) на производство изделия.* Проводится анализ правильности принятия решений, оценка работоспособности и других показателей назначения, в соответствии с требованиями технических условий (ТУ).

4. *Метрологическая экспертиза.* Проводится анализ состояния парка средств измерения и контроля, используемых в производственном цикле.

5. *Оценка производства.* В зависимости от выбранной схемы сертификации проводится анализ состояния производства, сертификация производства либо сертификация системы управления качеством. Метод оценки производства указывается в сертификате соответствия продукции.

6. *Выдача сертификата соответствия.* Протоколы испытаний, результаты оценки производства, другие документы о соответствии продукции, поступившие в орган по сертификации, подвергаются анализу для окончательного заключения о соответствии продукции заданным требованиям. По результатам оценки составляется заключение эксперта, на основании которого орган по сертификации принимает решение о выдаче *сертификата соответствия*.

Экологическая сертификация - сертификация, относящаяся к оборудованию и технологическим процессам, связанным с загрязнением природной среды.

Экологическая сертификация дает потребителю гарантию безопасности продукции для его жизни, здоровья, имущества и среды обитания. К объектам экологической сертификации можно отнести: источники загрязнения окружающей среды, продукцию природоохранного назначения, экологические информационные ресурсы, оборудование и технологии жизнеобеспечения.

Оборудование системы жизнеобеспечения населенного пункта следует отнести к объектам экологической сертификации.

Система сертификации - совокупность правил выполнения работ по сертификации, ее участников и правил функционирования системы сертификации в целом.

Оценка соответствия - прямое или косвенное определение соблюдения требований к объекту.

Подтверждение соответствия - документальное удостоверение соответствия продукции или иных объектов, процессов производства, эксплуатации, хранения, перевозки, реализации и утилизации, выполнение работ или оказание услуг требованиям технических регламентов, положениям стандартов или условиям договоров.

Форма подтверждения соответствия - определенный порядок документального удостоверения соответствия продукции или иных объектов, процессов производства, эксплуатации, хранения, перевозки, реализации и утилизации, выполнение работ или оказание услуг требованиям технических регламентов, положениям стандартов или условиям договоров.

Сертификат соответствия - документ, удостоверяющий соответствие объекта требованиям технических регламентов, положениям стандартов или условиям договоров.

Знак обращения на рынке - обозначение, служащее для информирования приобретателей о соответствии выпускаемой в обращение продукции требованиям технических регламентов. Изображение знака обращения на рынке устанавливается Правительством РФ. Он не является специальным защищенным знаком и наносится в информационных целях.

Знак соответствия - обозначение, служащее для информирования приобретателей о соответствии объекта сертификации требованиям системы добровольной сертификации или национальному стандарту.

Декларирование соответствия - форма подтверждения соответствия продукции требованиям технических регламентов.

Декларация о соответствии - документ, удостоверяющий соответствие выпускаемой в обращение продукции требованиям технических регламентов.

Заявитель - физическое или юридическое лицо, осуществляющее обязательное подтверждение соответствия.

Орган по сертификации - юридическое лицо или индивидуальный предприниматель, аккредитованные в установленном порядке для выполнения работ по сертификации.

Идентификация продукции - установление тождественности характеристик продукции ее существенным признакам.

Перечни продукции, соответствие которой может быть подтверждено декларацией о соответствии, утверждаются постановлением правительства

Российской Федерации. Декларация о соответствии имеет юридическую силу наравне с сертификатом.

К объектам сертификации относятся продукция, услуги, работы, системы качества, персонал, рабочие места и пр.

1.4. Подтверждение соответствия. Сертификация

Подтверждение соответствия осуществляется в целях удостоверения соответствия объектов технического регулирования техническим регламентам, стандартам, условиям договоров, а также содействия приобретателям в компетентном выборе продукции, работ и услуг.

Подтверждение соответствия должно способствовать повышению конкурентоспособности продукции, работ, услуг на российском и международном рынках, создания условий для обеспечения свободного перемещения товаров по территории Российской Федерации, а также для осуществления международного экономического, научно-технического сотрудничества и международной торговли.

Подтверждение соответствия может носить *добровольный или обязательный* характер.

Добровольное подтверждение соответствия осуществляется в форме *добровольной сертификации*.

Обязательное подтверждение соответствия осуществляется в формах: принятия *декларации о соответствии (декларирование соответствия)* или *обязательной сертификации*.

Ранее у нас в стране большинство наиболее значимых потребительских товаров, попадающих на рынок, должно было проходить обязательную сертификацию. Такой практики сегодня уже нет почти нигде в мире. Обязательную сертификацию, то есть проверку на соблюдение установленных требований, в аккредитованных органах по сертификации и испытательных лабораториях должна проходить *только продукция, которая может представлять опасность для жизнедеятельности*.

В настоящее время широко распространена *система декларирования*, когда сам производитель проводит все необходимые процедуры, которые также установлены в технических регламентах. Подписывая декларацию, производитель гарантирует, что его товар соответствует всем необходимым требованиям и тому, что написано в документации. Таким образом, получается, что контроль качества продукции осуществляется не только на производстве, а главным образом на рынке. Производителю становится невыгодным изготовлять некачественную продукцию, т.к. его недобросовестность будет обнаружена потребителем, который может заявить об этом в надзорные государственные органы. В этом случае производитель

не только теряет деньги в виде штрафа и товар, но и, что для него важнее, хорошую репутацию.

Сейчас происходит процесс гармонизации нашей системы технического регулирования с общемировой, поэтому перечень продукции, которая должна пройти сертификацию, и перечень товаров, подлежащих декларированию, постоянно пересматривается и переутверждается.

Таким образом, идет постоянный процесс *перевода продукции из-под обязательной сертификации под декларирование* и в будущем декларирование вероятнее всего максимально заменит обязательную сертификацию. Обязательная сертификация останется там, где этого требуют международные соглашения или это продиктовано общемировой практикой. Одновременно роль добровольной сертификации существенно возрастет.

Добровольное подтверждение соответствия осуществляется по инициативе заявителя на условиях договора между заявителем и органом по сертификации. Добровольное подтверждение соответствия может осуществляться для установления соответствия национальным стандартам, стандартам организаций, системам добровольной сертификации, условиям договоров.

Обязательное подтверждение соответствия проводится только в случаях, установленных соответствующим техническим регламентом, и исключительно на соответствие требованиям технического регламента.

Объектом обязательного подтверждения соответствия может быть только продукция, выпускаемая в обращение на территории Российской Федерации.

Декларирование соответствия осуществляется по одной из следующих схем: принятие декларации о соответствии на основании собственных доказательств; принятие декларации о соответствии на основании собственных доказательств, доказательств, полученных с участием органа по сертификации или аккредитованной испытательной лаборатории или того и другого.

Соответствие продукции требованиям технических регламентов подтверждается *сертификатом соответствия*, выдаваемым заявителю органом по сертификации. В процессе сертификации изготовитель сертифицирует свою продукцию в сертификационном центре, который проводит необходимые испытания и подтверждает соответствие продукции техническим условиям, а затем выдает сертификат соответствия.

Декларирование осуществляется по заявлению о том, что изготовитель принимает личную ответственность за то, что все установленные технические требования выполнены. В этом случае к декларации прилагается так называемый *технический файл*, который содержит результаты исследований и испытаний, но проведенные уже самим изготовителем.

Место проведения испытаний может быть любое или собственная лаборатория или другая лаборатория, это определяется самим изготовителем. Форма и схемы обязательного подтверждения соответствия устанавливаются только техническим регламентом. В этом случае сертификация и декларирование существуют, как обязательные формы.

Существует также *сертификация в добровольном порядке*. Принимая добровольную сертификацию, изготовитель показывает своё преимущество перед конкурентами. Одна или несколько добровольных сертификаций и получение знаков соответствия, которые означают, что у него помимо обязательных требований выполнены и другие. Изготовитель платит за сертификацию дополнительные деньги, но в этом случае потребитель, покупая товар, имеет больше гарантий качества.

Таким образом, ***сертификация может быть на обязательной и на добровольной основе, а декларирование только в обязательной форме.*** Декларирование в случае её добровольности приобретало бы характер рекламы, поэтому оно может быть только в обязательной форме.

Обязательные требования и различные механизмы контроля (надзора) за этими требованиями и есть техническое регулирование.

Техническое регулирование позволяет снять не обоснованные ограничения, устанавливаемые в ряде случаев ГОСТами, особенно в сфере потребительской продукции. Потребитель имеет право заказать продукцию по своему усмотрению у каждого свои требования к потребительским характеристикам и свои вкусы.

Свойства по безопасности устанавливаются государством, потому что рынок не будет заботиться о безопасности, т.к. это не выгодно рынку. Рынок заинтересован в получении прибыли. Логично предположить, что предприниматель не будет ставить очистные сооружения, он не будет проводить дополнительные исследования, чтобы доказать, что он выполнил параметры безопасности. Поэтому, государство вводит обязательные требования в интересах безопасности населения, устанавливая соответствующие технические регламенты.

Конкретная схема, которая используется для подтверждения соответствия - декларирование или сертификация прописывается техническим регламентом. Если изготовитель применяет на производстве сертифицированную систему качества, то он может использовать упрощенную схему сертификации своей продукции. Изготовитель, при постановке продукции на производство будет совершенно четко знать, что этот вид продукции идет под декларирование, а другой под сертификацию.

В техническом регламенте прописывается конкретная схема, которая должна использоваться для подтверждения соответствия: декларирование, сертификация или упрощённая схема сертификации, о которой говорилось выше.

Экономическая целесообразность новой формы технического регулирования очевидна - декларирование стоит достаточно дешево, так как, можно воспользоваться собственной испытательной лабораторией.

Упрощённая схема сертификации, например, подразумевает, что сертифицируется не только изделие, но и каждая его комплектующая, а затем уже готовое изделие. Это - экономически самая дорогая сертификация.

Какой вариант подтверждения соответствия выбрать, будет зависеть от вида и назначения продукции. Насколько продукция, на которую распространяется данный технический регламент, является важной с точки зрения безопасности. Например, редуктор привода насоса жизнеобеспечения населённого пункта, в случае поломки не причинит существенного вреда здоровью и не исключает временную схему поддержки. Воздушное судно или судно, находящееся в плавании - другое дело, в этом случае риски ущерба велики. Необходимо применить самую дорогостоящую схему сертификации, когда сертифицируется все по отдельности от винта, обивочных материалов, стульев, столов, бытовых и функциональных предметов и т.д. до конструкции в целом.

Обязательное подтверждение соответствия осуществляется *органами сертификации, испытательными лабораториями и центрами.*

В работах по сертификации участвует ряд федеральных органов исполнительной власти. *Национальный орган по сертификации* осуществляет координацию их деятельности в этом направлении. Координация, как правило, проводится в форме соглашения, в котором регламентируется выбор системы сертификации, объекта сертификации, аккредитующего органа и пр. Например, такими органами, занимающимися вопросами сертификации, являются: Госстрой России, Госкомсвязи России, Госпожарнадзор МВД России, Российский Морской Регистр, Российский Речной Регистр, Российский Авиарегистр и пр.

Для организации и координации работ в системах сертификации однородной продукции или группы услуг создаются центральные органы систем сертификации (ЦОС). Например, функции ЦОС в системе сертификации систем качества и производства выполняет Технический центр Регистра систем качества, действующий в структуре Национального органа по сертификации России.

Главным участником работ по сертификации является *эксперт* - лицо, аттестованное на право проведения одного или нескольких видов работ в области сертификации.

В каждом случае - необходим *контроль*. Поэтому определено, какие контрольные органы будут контролировать данный вид продукции на рынке. Правила испытаний продукции прописываются в техническом регламенте. Контрольный орган пользуется для проведения надзора правилами, являющимися общедоступными и общеизвестными, т.к. они определяются

постановлениями Правительства. Никакими другими правилами пользоваться нельзя.

2. Стандартизация

История развития стандартизации

История развития стандартизации в России имеет корни, относящиеся к началу XVIII в., когда по образцам, утвержденным Петром I, были построены серии судов с одинаковыми размерами, якорями, вооружением и снаряжением. Это позволяло выдерживать как равные размеры элементов конструкций судов, так и единый уровень их качества. России принадлежит приоритет в организации на основе стандартизации **взаимозаменяемого производства** в металлообрабатывающей промышленности. В 1761 г. на Тульском и Ижевском заводах, было организовано массовое производство ружей.

В конце XIX - начале XX в. стандартизация в области применения **принципа взаимозаменяемости** распространяется на многие виды военной и гражданской продукции. В этот период на некоторых крупных заводах Петербурга и Москвы, а также на оружейных заводах Тулы, Ижевска и других промышленных городах появились стандарты в форме *заводских норм на допуски и посадки*.

Первая попытка обобщить и создать стандарт на единую систему допусков и посадок была сделана в 1914 - 1915 гг. профессором Московского высшего технического училища И. И. Куколевским. Предложенная им система была использована в 1915-1917 гг. при выполнении военных заказов; она нашла также применение и в гражданской промышленности.

Интенсивное развитие стандартизации в машиностроении и приборостроении началось в 20-х годах. В 1924 г было организовано Бюро промышленной стандартизации как руководящий орган по стандартизации в промышленности, а так же созданы рабочие комиссии по стандартизации в ведущих отраслях. В сентябре 1925 г, был создан. Комитет стандартизации при Совете Труда и Обороне. В 1924 - 1925 гг. под руководством проф. А. Д. Гатцука был разработан проект стандарта "Допуски для пригонок". В 1929 г., под руководством председателя специальной комиссии проф. М. А. Саверина проект представлен и утвержден Комитетом по стандартизации в качестве общесоюзного стандарта, обязательного для всех предприятий и организаций СССР. После утверждения этого стандарта были разработаны и в 1931 г. утверждены стандарты на гладкие калибры для контроля размеров. После этого начали создаваться единые государственные (общесоюзные) стандарты ОСТ. Первым председателем Комитета стандартизации был В. В. Куйбышев. В 1926-1928 гг. были разработаны таблицы номинальных размеров резьбовых деталей и соединений, а в 1931г. утвержден стандарт на допуски параметров резьбы. В последующие годы активно разрабатываются методические основы стандартизации. Начиная с 30х годов, разрабатываются новые методы расчета точности механизмов и теоретические основы учения точности и

взаимозаменяемости, создаются системы допусков для зубчатых колес, шлицевых соединений, тугой резьбы, на шероховатость поверхности и др.

В разное время под разными названиями работу в области технического регулирования, стандартизации и метрологии осуществляют правительственные организации по стандартизации и метрологии. В 1930 г. Совет Народных Комиссаров СССР принимает решение о реорганизации Комитета по стандартизации во Всесоюзный Комитет по стандартизации (ВКС). В 1940 г. была введена категория государственных стандартов (ГОСТ), обязательных к применению во всех отраслях народного хозяйства Советского Союза. В 1954 г. был создан Комитет стандартов, мер и измерительных приборов при Совете Министров СССР, который в 1971 г. в связи с возросшей ролью стандартизации был преобразован в Государственный Комитет Стандартов Совета Министров СССР (Госстандарт СССР), а затем Госстандарт РФ.

Госстандарт РФ, а сейчас это - *Агентство по техническому регулированию и метрологии*, руководит стандартизацией, метрологией и разработкой общих вопросов качества продукции в нашей стране. Этот орган несет ответственность за состояние и дальнейшее развитие стандартизации и метрологии, за обеспечение единства измерений в стране, проведение единой технической политики в области стандартизации и метрологии. Следует отметить, что успешное решение вопросов метрологии и стандартизации возможно благодаря работе в нашей стране ряда научно-исследовательских институтов по стандартизации и метрологии и привлечению к этой работе отраслевых научно-исследовательских институтов, заводов и вузов.

2.1. Цели и принципы стандартизации

Стандартизация - деятельность по установлению правил и характеристик для добровольного многократного использования, направленная на достижение упорядоченности в сферах производства и обращения продукции и повышение конкурентоспособности продукции, работ и услуг.

Основными целями стандартизации являются:

повышение уровня безопасности жизнедеятельности, повышение уровня безопасности объектов с учетом риска возникновения чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера.

Стандартизация должна содействовать соблюдению требований технических регламентов, обеспечению научно-технического прогресса, а также рациональному использованию ресурсов.

Стандартизация должна обеспечивать, техническую и информационную совместимость, сопоставимость результатов исследований, испытаний и измерений, технических и экономико-статистических данных.

Одной из *целей стандартизации является обеспечение взаимозаменяемости продукции.*

Стандартизация осуществляется в соответствии с принципами:

- **добровольного** применения стандартов;
- максимального учета интересов заинтересованных лиц;
- применения международного стандарта как основы разработки национального стандарта, за исключением обоснованных случаев;
- **обязательными** являются *технические регламенты*.

Стандартизация проводится при условии соблюдения требований технических регламентов и обеспечения условий для единообразного применения стандартов.

Результатом деятельности по стандартизации является документ - *стандарт*.

В настоящее время на территории Российской Федерации, используются:

- национальные стандарты;
- правила стандартизации;
- нормы и рекомендации в области стандартизации;
- общероссийские классификаторы технико-экономической и социальной информации;
- стандарты организаций

Национальный стандарт применяется на *добровольной основе* независимо от страны, места происхождения продукции, осуществления процессов производства и др. Применение национального стандарта подтверждается *знаком соответствия* национальному стандарту.

Национальные стандарты и общероссийские классификаторы технико-экономической и социальной информации, в том числе правила их разработки и применения, представляют собой *национальную систему стандартизации*.

Стандарты организаций, в том числе коммерческих, общественных, научных организаций, саморегулируемых организаций, объединений юридических лиц могут разрабатываться и утверждаться ими самостоятельно исходя из необходимости применения в областях знаний результатов исследований, измерений и разработок.

Деятельность в области стандартизации координирует *национальный орган Российской Федерации по стандартизации - Агентство по техническому регулированию и метрологии*. Орган по стандартизации принимает программу разработки национальных стандартов и организует экспертизу проектов национальных стандартов. Он обеспечивает соответствие национальной системы стандартизации интересам национальной экономики, состоянию материально-технической базы и научно-техническому прогрессу, а также осуществляет другие технические и организационные функции.

2.2. Основные положения государственной (национальной) системы стандартизации в РФ

Производство продукции высокого качества требует разработки новых и модернизацию существующих технологических процессов и средств технологического оснащения. Это приводит к необходимости дальнейшего развития машиностроения и характеризуется значительным усложнением конструкций машин и механизмов, вызванное повышением рабочих параметров: давления, температуры, скорости, а также требованиями к надежности, долговечности, производительности, точности и другим показателям качества функционирования. Одновременно с этим возникает необходимость увеличения степени автоматизации процессов, связанной с выполнением и управлением операциями при производстве продукции.

В условиях рыночных отношений, высокие темпы научно технического прогресса приводят к быстрому моральному старению техники, к необходимости ее частой замены. Вместе с тем, промышленное производство становится все более массовым или крупносерийным, основанным на глубокой специализации и широком кооперировании, в том числе международном, различных фирм производителей. Именно такое производство способно удовлетворить растущие потребности огромного по масштабам спроса населения на продукцию, особенно в сфере потребительских товаров и услуг.

Кроме того, качество продукции должно соответствовать техническим требованиям, конкурировать с лучшими зарубежными аналогами и превосходить их. Это позволит обеспечить устойчивый спрос на продукцию и получение прибыли необходимой для развития производства. В условиях широко разветвленных внутренних и международных хозяйственных связей, специализации и кооперирования в сфере производства, проблема повышения качества приобретает межотраслевой характер.

Качество конечного изделия зависит от качества материалов, заготовок, покупных и получаемых по кооперации, в том числе международной, узлов, деталей и агрегатов. Взаимная увязка требований к качеству на каждом из этапов изготовления изделия может осуществляться только путем **комплексной стандартизации**.

Достижение перспективных требований к уровню качества изделий вызывает необходимость применения методов **опережающей стандартизации**, при которой закладываются перспективные технологии, материалы, информационное обеспечение и т.д.

Разрабатывая и внедряя новые стандарты, и систематически пересматривая действующие, можно *управлять качеством продукции*. На современном этапе развития важным является *гармонизация стандартов*, т.е. учёт требований и рекомендаций международных организаций.

В РФ действует *система национальной стандартизации*, представляющая собой комплекс взаимоувязанных правил и положений под общим названием: *Национальная система стандартизации*. В настоящее время в РФ действует комплекс взаимоувязанных стандартов, правил и положений, который уточняется и дополняется в связи с целями и принципами стандартизации, установленными законом о техническом регулировании.

К основным стандартам системы стандартизации в Российской Федерации относятся:

ГОСТ Р 1.0-2004 – Стандартизация в Российской Федерации. Основные положения;

ГОСТ 1.1-2002 - Межгосударственная система стандартизации. Термины и определения;

ГОСТ Р 1.2-2004 Стандартизация в Российской Федерации. Стандарты национальные Российской Федерации. Правила разработки, утверждения, обновления и отмены;

ГОСТ Р 1.4-2004 Стандартизация в Российской Федерации. Стандарты организаций. Общие положения;

ГОСТ Р 1.5-2004 Стандартизация в Российской Федерации. Стандарты национальные Российской Федерации. Правила построения, изложения, оформления и обозначения;

ГОСТ Р 1.8-2004 Стандартизация в Российской Федерации. Стандарты межгосударственные. Правила проведения в Российской Федерации работ по разработке, применению, обновлению и прекращению применения;

ГОСТ Р 1.9-2004 Стандартизация в Российской Федерации. Знак соответствия национальным стандартам Российской Федерации. Изображение. Порядок применения;

ГОСТ Р 1.12-2004 Стандартизация в Российской Федерации. Термины и определения.

Примерами нормативных документов по стандартизации являются документы, относящиеся к различным уровням:

Государственный стандарт РФ, ГОСТ Р - стандарт, принятый органом по стандартизации России для применения на территории Российской Федерации.

Региональный стандарт, ГОСТ - стандарт, принятый региональной организацией по стандартизации, для применения на региональном уровне, например странами СНГ.

Межгосударственный стандарт, ГОСТ, который также может являться региональным стандартом - стандарт, принятый Межгосударственным Советом по стандартизации, метрологии и сертификации (МГС) или Межгосударственной научно-технической комиссией по стандартизации, техническому нормированию и сертификации в строительстве (МНТКС).

Международный стандарт ИСО, МЭК, ИСО/МЭК, например, **ГОСТ ИСО** - стандарт, принятый соответствующими странами членами и членами - корреспондентами международных организаций по стандартизации ИСО.

Общероссийский классификатор технико-экономической информации, ОК - документ, принятый органом по стандартизации России.

Отраслевой стандарт, ОСТ - стандарт, принятый государственным органом управления в пределах его компетенции применительно к продукции, работам и услугам отраслевого назначения.

Стандарт предприятия, СТП - стандарт, принятый предприятием применительно к продукции, работам и услугам своего предприятия.

Стандарт научно - технического, инженерного общества, СТО - стандарт, принятый научно - техническим, инженерным обществом или другим общественным объединением. Устанавливается, как правило, на новые виды продукции, процессы, методы измерений и испытаний.

Технические условия, ТУ - документ, разработанный на конкретную продукцию: изделие, материал, вещество и др.

Правила, ПР - документ в области стандартизации, метрологии, сертификации, аккредитации, устанавливающий обязательные для применения организационно-технические, общетехнические положения, правила, методы выполнения работ, а также обязательные требования к оформлению результатов этих работ.

Рекомендации, Р - документ в области стандартизации, метрологии, сертификации, аккредитации, содержащий добровольные для применения организационно-технические, общетехнические положения, правила, методы выполнения работ, а также рекомендуемые правила оформления результатов этих работ. Правила и рекомендации действуют на территории РФ.

Правила по межгосударственной стандартизации, ПМГ имеют такое же назначение, что правила для РФ, но действуют в странах членах МГС, МНКТС.

Рекомендации по межгосударственной стандартизации, РМГ имеют такое же назначение, что рекомендации для РФ, но действуют в странах членах МГС, МНКТС.

Регламент - документ, назначение и сфера действия которого оговорена законом о техническом регулировании.

Обозначение нормативных документов

При обозначении государственных стандартов указывается комплекс стандартов - код системы для ЕСКД (2), затем после точки - классификационная группа (5), порядковый регистрационный номер (1) и год утверждения стандарта (90), например, ЕСКД - ГОСТ Р 2.503- 90.

В случае если в структуре обозначения стандарта отсутствует номер классификационной группы, порядковый регистрационный номер (5)

проставляется непосредственно после кода системы (1), например: ГОСТ Р 1.5 - 2004. В приведённом примере цифра 1 с точкой - код национальной системы стандартизации.

Международные и региональные стандарты, если к ним присоединилась Россия, а также национальные стандарты других стран при наличии соответствующих соглашений применяют на территории Российской Федерации в качестве государственных стандартов.

Государственный стандарт, оформленный на основе применения аутентичного, т.е. равнозначного текста международного или регионального стандарта и *не содержащий дополнительных требований*, например *международный стандарт ИСО/МЭК2593: 1993*, принятый в РФ, обозначается: **ГОСТ Р ИСО/МЭК 2593-98**.

В случае если в государственном стандарте *имеются дополнительные требования* по сравнению с международным или региональным стандартом, то в скобках приводится обозначение международного стандарта, например: **ГОСТ Р 51295-99 (ИСО 2965-97)**.

Межгосударственный стандарт на основе ИСО 9591: 1992 будет обозначаться как **ГОСТ ИСО 9591-93**.

При наличии *дополнительных требований* по сравнению с международным стандартом в скобках приводится обозначение международного стандарта, например **ГОСТ 20231-92 (ИСО 7173-89)**.

Условное обозначение *отраслевого стандарта* состоит (см. пример) из условного обозначения отрасли, министерства, ведомства, которые утвердили ОСТ (56 - Федеральная служба лесного хозяйства), регистрационного номера (98) и года утверждения стандарта (93), например **ОСТ 56 98- 93**.

Условное обозначение *стандарта предприятия* может выглядеть так **СТП МГУИЭ 13 - 99**, где МГУИЭ аббревиатура предприятия, 13 - регистрационный номер, 99 - год утверждения стандарта.

Обозначение *технических условий* включает (см. пример) код группы продукции по классификатору продукции (ОКП) (1115), регистрационный номер (017), код предприятия по классификатору предприятий и организаций (ОКПО) (38576343) и год утверждения ТУ (93), например ТУ 1115 017 38576343 - 93.

2.3. Методические основы стандартизации

2.3.1. Положения научной организации работ по стандартизации

Высокое качество стандартов определяет эффективность их использования. Это достигается применением положений, определяющих научную организацию работ по стандартизации. Повышение качества выпускаемой продукции вызвали объективную необходимость системного подхода к процессу производства. Система включает труд людей, обеспечивающих

процесс производства; средства труда, т.е. совокупность применяемого оборудования, оснастки, инструмента, средств контроля и т. д.; выпускаемую продукцию на всех стадиях её жизненного цикла.

Под системой понимают совокупность взаимосвязанных элементов, функционирование которых приводит к выполнению поставленной цели с максимальной эффективностью и наименьшими затратами. Количественные связи элементов системы могут быть детерминированными или случайными. Совокупность взаимосвязанных элементов, входящих в систему, образует структуру, позволяющую строить иерархическую зависимость их на различных уровнях.

При разработке стандартов необходимо учитывать основные факторы, влияющие на конечный объект стандартизации, соблюдая при этом *оптимальное ограничение и комплексность*. Это означает, необходимость сокращения трудоемкости работ по стандартизации, которое достигается тем, что из рассмотрения исключаются элементы, не значительно влияющие на основной объект.

Характеристики и требования к комплексу взаимосвязанных материальных и нематериальных элементов при стандартизации рассматривают систему. При этом требования к элементам определяются исходя из требований к основному объекту стандартизации. Для создания условий получения продукции высокого качества и повышения эффективности производства необходима рациональная система стандартов, которая должна охватывать основные *стадии жизненного цикла: проектирование, изготовление и эксплуатацию продукции*.

Стандарты должны быть *гармонизированы* с международными стандартами. Устанавливаемые показатели, нормы, характеристики и требования, должны соответствовать мировому уровню науки, техники и производства, а также учитывать тенденцию развития стандартизуемых объектов. Таким образом, достигается *прогрессивность и оптимизация стандартов*.

Оптимизация при стандартизации состоит в проведении работ по составлению математических моделей оптимизации параметров объектов стандартизации (ПОС). При этом определяют общие требования к составу и структуре систем этих моделей, типовую блок-схему теоретических методов оптимизации ПОС, а также состав и обозначения методических и нормативно-технических документов, регламентирующих теоретические методы оптимизации ПОС.

Математическая модель оптимизации ПОС представляет собой формализованное (математическое) описание процесса создания и эксплуатации (функционирования или потребления) объекта стандартизации, приспособленное для установления оптимальных номенклатуры и значений его параметров. В этом описании цели создания и эксплуатации (потребления) объекта, действующие ограничения, получаемые эффекты и

требуемые затраты являются функциями оптимизируемых параметров. При использовании строгих методов математическая модель оптимизации ПОС строится на основе математической модели создания и эксплуатации (функционирования или потребления) объекта стандартизации.

Оптимизация работ по стандартизации, основанная на оптимизации требования стандартов, заключается в создании и внедрении системы оптимизации параметров объектов стандартизации (СОПОС), которая объединяет методы оптимизации качества продукции и требований стандартов и предоставляет эти методы потребителям. Научно-методические положения СОПОС позволяют решать конкретные задачи оптимизации путем реализации основных положений создания и функционирования СОПОС. Эти положения предусматривают объединение в единую систему методов математической теории оптимизации, прогнозирования, теории принятия решений, экспериментальных методов оптимизации.

Важным является *принцип обеспечения функциональной взаимозаменяемости* стандартизуемых изделий. Этот принцип, позволяет обеспечить взаимозаменяемость изделий по эксплуатационным показателям. Функциональная взаимозаменяемость также предусматривает применение *комплексной и опережающей стандартизации*.

В настоящее время для гармонизации отечественных и международных стандартов требует взаимоувязки стандартов. Это обуславливается большим многообразием общетехнических и межотраслевых стандартов, требующих их взаимной согласованности. Метод комплексной стандартизации позволяет реализовать взаимоувязку стандартов.

Во всех случаях должен быть реализован научно-исследовательский принцип к разработке стандартов – это означает, что для подготовки проектов стандартов их успешного применения необходимо не только широкое обобщение практического опыта, но и проведение специальных теоретических, экспериментальных и опытно-конструкторских работ. Этот принцип относится ко всем видам стандартов.

2.3.2. Система предпочтительных чисел

Размеры деталей и соединений, ряды допусков, посадок и другие геометрические параметры изделий, а так же параметры, отражающие функциональные свойства сборочных единиц, механизмов и машин общетехнического применения (подшипники качения, редукторы, электродвигатели и др.), целесообразно упорядочить и делать общими для всех отраслей промышленности, где эти изделия применяются. Применение упорядоченных чисел, представляющих собой *ряды предпочтительных чисел*, позволяет сократить номенклатуру типоразмеров изделий, создать условия для взаимозаменяемости, широкой унификации деталей и узлов и

способствовать агрегатированию, а так же выбирать рациональные параметры процессов производства.

Применение рядов предпочтительных чисел представляет собой *параметрическую стандартизацию*, которая позволяет получить значительный эффект на всех стадиях жизненного цикла изделий (проектирование, изготовление, эксплуатация и др.). Стандартами параметров охватывается большой диапазон характеристик изделий: материалы, заготовки, размерный режущий инструмент, оснастка, контрольные калибры, узлы по присоединительным размерам, выходные параметры электродвигателей и многое другое, что используется в той или иной отрасли промышленности.

Ряды предпочтительных чисел, применяемые в стандартизации, строятся на базе математических закономерностей. Наибольшее распространение получили ряды предпочтительных чисел представленные в ГОСТ 8032-84, который разработан на основе рекомендаций ИСО.

Стандартом установлены *четыре основных десятичных ряда предпочтительных чисел* R5, R10, R20, R40. В технически обоснованных случаях допускается применение двух дополнительных рядов R80 и R160. Ряды построены по *правилу геометрической прогрессии* со знаменателем равным корню из 10 степеней 5, 10, 20 и 40 соответственно.

Например, ряд R5 составляют числа: ... 1,0; 1,6; 2,5; 4,0; 6,3; 10; 16; 25; 40 ... знаменатель геометрической прогрессии равен 1,6. Ряд R10 состоит из чисел: ... 0,63; 0,80; 1,00; 1,25; 1,60; 2,00; 2,50; 3,15; 4,00; 5,00; 6,30; 8,00; 10,0; 12,5 ... , здесь знаменатель прогрессии равен 1,25. Другие ряды имеют следующие значения знаменателей: R20 - 1,12; R40 - 1,06; R80 - 1,03; R160 - 1,015.

Основанием этих рядов является число, состоящее из цифр 1 и 0, таким образом, они являются бесконечными как в сторону малых, так и в сторону больших значений, то есть допускают неограниченное представление чисел в направлении увеличения или уменьшения. Номер ряда предпочтительных чисел указывает на количество членов ряда в десятичном интервале, например, свыше 1 до 10 включительно. Число 1,00 не входит в десятичный интервал как завершающее число предыдущего десятичного интервала, т.е. свыше 0,10 до 1,00 включительно.

Допускается образование специальных рядов путем отбора каждого второго, третьего или n -го числа из существующего ряда. Так образуется ряд R10/3, состоящий из каждого третьего значения основного ряда, причем начинаться он может с первого, второго или третьего значения, например: R10/3 может состоять из чисел 1,00; 2,00; 4,00; 8,00 или R10/3 1,25; 2,50; 5,00; 10,00 или R10/3 1,60; 3,15; 6,30; 12,50. Можно составлять специальные ряды с разными знаменателями геометрической прогрессии в различных интервалах ряда.

Ряды предпочтительных чисел имеют *ряд свойств*, наличием которых объясняется их широкое применение в стандартизации. Эти свойства

позволяют переходить от стандартизации линейных величин к площадям, объемам, энергетическим параметрам (производительности, мощности и др.). Наиболее значимые из свойств рядов следующие:

- 1) Каждый последующий ряд содержит числа предыдущего ряда.
- 2) Произведение 2-х чисел рядов является числом, содержащимся в рядах, т.е. предпочтительным, что позволяет стандартизовать площади.
- 3) Произведение 3-х чисел ряда является числом, содержащимся в рядах, т.е. предпочтительным, что позволяет стандартизовать объёмы.
- 4) Начиная с ряда R10, в рядах содержится число 3,15 близкое к числу Пи, что позволяет стандартизовать длину окружностей, площадь кругов и объём цилиндров.
- 5) Произведение или частное любых членов ряда является, с учётом правил округления, членом ряда. Это свойство используется при увязке между собой стандартизованных параметров в пределах одного ряда предпочтительных чисел.

Согласованность параметров является важным критерием качественной разработки стандартов. В радиоэлектронике применяют предпочтительные числа с другими знаменателями геометрической прогрессии и образуют ряды *E*, установленные Международной электротехнической комиссией (МЭК). При стандартизации иногда применяют ряды предпочтительных чисел, построенные по арифметической прогрессии. Арифметическая прогрессия положена в основу образования рядов размеров, например, в строительных стандартах. Встречаются ступенчато-арифметические ряды, у которых на отдельных отрезках прогрессии разности между соседними членами различны.

2.3.3. Параметрические ряды

Производство новых видов изделий, например: машин, технологического оборудования, бытовых приборов и др. может привести к выпуску излишне большой номенклатуры изделий, сходных по назначению и незначительно отличающихся по конструкции и размерам. Рациональное сокращение числа типов и размеров изготавливаемых изделий, *унификация и агрегатирование* комплектующих позволяет значительно снизить себестоимость продукции.

Снижение затрат достигается при одновременном повышении серийности, развитии специализации, межотраслевой и международной кооперации производства, что достигается разработкой стандартов на параметрические ряды однотипных изделий. Удовлетворение спроса рынка и обеспечение качества остаётся при этом главным условием. Любое изделие характеризуется параметрами, отражающими многообразие его свойства, при этом существует некоторый перечень параметров, который целесообразно стандартизовать. Номенклатура стандартизуемых параметров должна быть

минимальной, но достаточной для оценки эксплуатационных характеристик данного типа изделий и его модификаций.

Анализируя параметры, выделяют *главные и основные параметры изделий*.

Главным называют параметр, который определяет важнейший эксплуатационный показатель изделия. Главный параметр не зависит от технических усовершенствований изделия и технологии изготовления, он определяет показатель прямого назначения изделия.

Например, главным параметром мостового крана является грузоподъемность. Главными параметрами токарного станка являются высота центров и расстояние между центрами передней и задней бабки, определяющих габаритные размеры обрабатываемых заготовок. Редуктор, характеризуется передаточным отношением, электродвигатель - мощностью, средства измерений - диапазоном измерения и т.д.

Главный параметр принимают за основу при построении параметрического ряда. Выбор главного параметра и определение диапазона значений этого параметра должны быть технически и экономически обоснованы, крайние числовые значения ряда выбирают с учетом текущей и перспективной потребности в данных изделиях, для чего проводятся маркетинговые исследования.

Параметрическим рядом является закономерно построенная в определенном диапазоне совокупность числовых значений главного параметра изделия одного функционального назначения и принципа действия. Главный параметр служит базой при определении числовых значений основных параметров, поскольку выражает самое важное эксплуатационное свойство.

Основными называют параметры, которые определяют качество изделия как совокупности свойств и показателей, определяющих соответствие изделия своему назначению. Например, для металлорежущего оборудования за основные можно принять: точность обработки, мощность, число оборотов шпинделя, производительность.

Для измерительных приборов основными параметрами являются: погрешность измерения, цена деления шкалы, измерительное усилие.

Основные и главный параметры взаимосвязаны, поэтому иногда удобно выражать основные параметры через главный параметр. Например, главным параметром поршневого компрессора является диаметр цилиндра, а одним из основных - производительность, которые связаны между собой определенной зависимостью.

Параметрический ряд называют *типоразмерным* или просто *размерным рядом*, если его главный параметр относится к геометрическим размерам изделия. На базе типоразмерных параметрических рядов разрабатываются конструктивные ряды конкретных типов или моделей изделий одинаковой конструкции и одного функционального назначения.

Параметрические, типоразмерные и конструктивные ряды машин строятся исходя из пропорционального изменения их эксплуатационных показателей (мощности, производительности, тяговой силы и др.) с учётом теории подобия. В этом случае геометрические характеристики машин (рабочий объем, диаметр цилиндра, диаметр колеса у роторных машин и т. д.) являются производными от эксплуатационных показателей и в пределах ряда машин могут изменяться по закономерностям, отличным от закономерностей изменения эксплуатационных показателей.

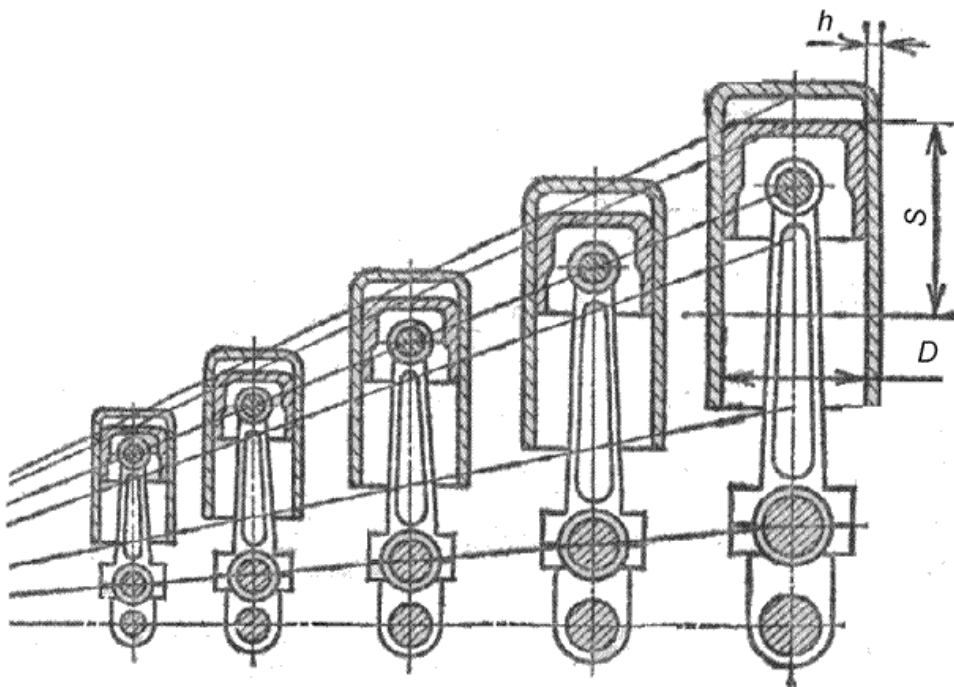


Рис. 2.1. Конструктивный ряд поршневой машины

При построении параметрических, типоразмерных и конструктивных рядов машин целесообразно соблюдать механическое и термодинамическое подобие рабочего процесса, обеспечивающего равенство параметров тепловой и силовой напряженности машин в целом и их деталей. Такой подход приводит к геометрическому подобию. Например, для двигателей внутреннего сгорания действуют такие условия подобия: а) равенство среднего эффективного давления p_e , зависящего от давления и температуры топливной смеси на всасывании; б) равенство средней скорости поршня $v_p = S n / 30$ (S - ход поршня; n - частота вращения двигателя) или равенство произведения $D n$, где D - диаметр цилиндра. На основании теории подобия

можно перейти от тепловых и силовых параметров двигателя к его геометрическим параметрам. Тогда, главным параметром будет D (рис. 2.1), что даёт возможность создать ряд геометрически подобных двигателей с соотношением $S / D = const$, в которых будут соблюдаться, указанные термодинамический и механический критерии подобия рабочего процесса. При этом у всех геометрически подобных двигателей будут одинаковые коэффициенты полезного действия, расход топлива, тепловая и силовая напряженность и мощность. Градация толщины стенки цилиндра h и диаметра D в рядах будет одинаковой.

Стандарты на параметрические ряды предусматривают производство прогрессивных по своим характеристикам изделий. Такие ряды должны иметь свойства устанавливать *внутри типовую и меж типовую унификацию и агрегатирование изделий*, а также возможность создания различных модификаций изделий на основе агрегатирования. В большинстве случаев числовые значения параметров выбирают из рядов предпочтительных чисел, особенно при равномерной насыщенности ряда во всех его частях, пример такого ряда с небольшим округлением чисел представлен на рис. 2.2.

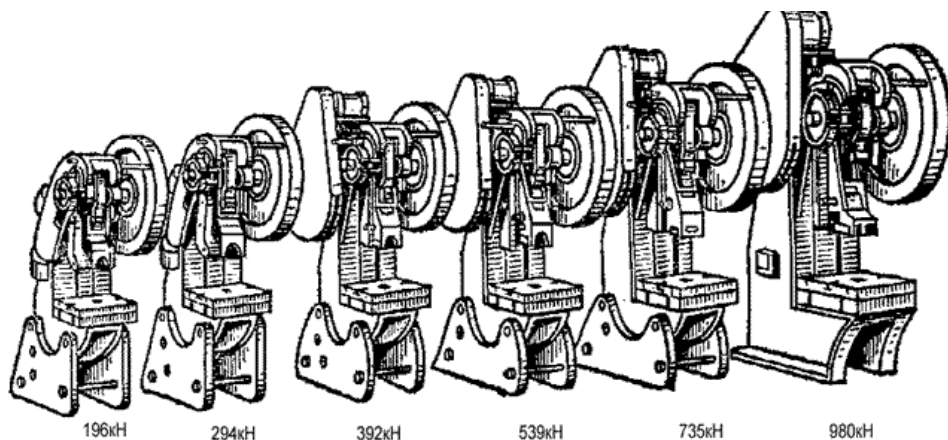


Рис. 2.2. Конструктивный ряд прессов

В машиностроении наибольшее распространение получил ряд предпочтительных чисел $R10$. Например, для продольно-шлифовальных станков наибольшая ширина B обрабатываемых изделий образует ряд $R10$, т.е. B равно: 200; 250; 320; 400; 500 630; 800; 1000; 1250; 1600; 2000; 2500; 3200 мм.

Ряд $R10$ установлен также для номинальных мощностей электрических машин. По ряду $R10$ приняты диаметры дисковых трехсторонних фрез, D равно: 50; 63; 80; 100 мм. В некоторых случаях применяют ряды $R20$ и $R40$,

так например, для поршневых компрессоров с диаметром цилиндра 67,5мм номинальная производительность установлена по ряду R20/3.

Параметрические и типоразмерные ряды представляют собой ряды изделий, которые обеспечивают выполнение соответствующего их паспортным данным объема работ, с установленными техническими условиями показателями качества, при условии минимизации затрат и получения максимальной прибыли. Таким образом, достигается *межотраслевая унификация*.

Конструктивно-унифицированный ряд представляет собой закономерную построенную совокупность изделий: машин, приборов, агрегатов или сборочных единиц, включая базовое изделие и его модификации одинакового или близкого функционального назначения и изделия с аналогичной или близкой кинематикой, схемой рабочих движений, компоновкой и другими признаками. Примерами такого подхода к стандартизации параметров изделий является межотраслевая унификация, осуществляемая для грузовых автомобилей, колесных и гусеничных машин, сельскохозяйственной и дорожно-уборочной техники. Особенно широкое распространение получило создание конструктивно-унифицированных рядов при производстве бытовой техники, например стиральных машин, холодильников, кухонных комбайнов и др.

Встречаются случаи, когда целесообразным является применение смешанных рядов, в которых увеличивается число членов ряда в диапазоне наибольшей частоты применения изделий. Таким образом, учитывается увеличенный спрос потребителей изделий, имеющих характеристики в конкретных диапазонах значений. Поэтому при разработке и постановке продукции на производство проводится маркетинг, с целью установлении плотности распределения применяемости изделий с различными значениями главных параметров. Например, в общем машиностроении около 90 % всех используемых модулей зубчатых колес находятся в пределах 1 - 6 мм. Максимальное значение применяемости приходится на колеса с модулем 2 - 4 мм. С учётом применяемости стандарт предусматривает в ряду модулей наибольшее число градаций в диапазоне 2 - 4 мм.

Наименьшее и наибольшее значения главного параметра, а также частоту ряда устанавливают после проведения технико-экономического обоснования, с учётом текущей потребности и будущего увеличения спроса. Кроме того, учитываются достижения науки и техники и возможные в связи с этим перспективы повышения качества данного вида изделий при одновременном снижении стоимости производства.

2.3.4. Формы стандартизации

Решение основных задач стандартизации может осуществляться в различных формах, которые, в конечном счёте, служат достижению общих целей повышения эффективности стандартизации.

Симплификация - форма стандартизации, направленная на сокращение применяемых при разработке и производстве изделий числа типов комплектующих изделий, марок полуфабрикатов, материалов и т.п. Количество деталей и составных частей принимается технически и экономически целесообразным и достаточным для выпуска изделий с требуемыми показателями качества. Являясь простейшей формой и начальной стадией более сложных форм стандартизации, симплификация оказывается экономически выгодной, так как приводит к упрощению производства, облегчает материально-техническое снабжение, складирование, отчетность.

Типизация - это разновидность стандартизации, заключающаяся в разработке и установлении типовых решений (конструктивных, технологических, организационных и т. п.) на основе наиболее прогрессивных методов и режимов работы. Применительно к конструкциям типизация состоит в том, что некоторое конструктивное решение принимается за основное - базовое для нескольких одинаковых или близких по функциональному назначению изделий. Требуемая же номенклатура и варианты изделий строятся на основе базовой конструкции путем внесения в нее ряда второстепенных изменений и дополнений. Типизация развивается в направлениях стандартизации типовых технологических процессов; стандартизации типовых конструкций изделий; разработки нормативно - технических документов, устанавливающих типовые методики расчётов, испытаний и т.д.

Унификация - рациональное уменьшение числа типов, видов и размеров объектов одинакового функционального назначения. Объектами унификации являются изделия, составные части, детали, комплектующие изделия, марки материалов и т. п. Систематизация и классификация являются основой унификации.

Систематизация предметов, явлений или понятий преследует цель расположить их в определенном порядке и последовательности, образующей четкую систему, удобную для пользования. При систематизации необходимо учитывать взаимосвязь объектов. Наиболее простой формой систематизации является алфавитная система расположения объектов. Такую систему используют, например, в энциклопедических и политехнических справочниках, в библиографиях и т. п. Применяют также порядковую нумерацию систематизируемых объектов или расположение их в хронологической последовательности. Примером такой систематизации является обозначение стандартов по порядку номеров, после которого в

каждом стандарте указывается год его утверждения. Для систематизации параметров и размеров машин, их частей и деталей рекомендуются ряды предпочтительных чисел.

Классификация - разновидность систематизации заключается в упорядочении путём расположения предметов, явлений или понятий по классам, подклассам и разрядам в зависимости от их общих признаков. Классификацию удобнее всего проводить, используя десятичную систему. На основе десятичной системы создан общероссийский классификатор продукции. Универсальная десятичная классификация (УДК) принята в качестве международной системы рубрикации индексами технической и гуманитарной литературы, Например: УДК 62 - техника; УДК 621 - общее машиностроение и электроника; УДК 621.3 - электроника и т. п.

Агрегатирование - метод создания новых машин, приборов и другого оборудования путем компоновки конечного изделия из ограниченного набора стандартных и унифицированных узлов и агрегатов, обладающих *геометрической и функциональной взаимозаменяемостью*.

2.3.5. Типизация технологических процессов и конструкций изделий

Типизация технологических процессов - это разработка и установление технологического процесса для производства однотипных деталей или сборки однотипных составных частей или изделий той или иной классификационной группы. Типизации технологических процессов должна предшествовать работа по классификации деталей, сборочных единиц и изделий и установление типовых представителей, обладающих наибольшим числом признаков, характерных для деталей, сборочных единиц и изделий данной классификационной группы. Типизация технологических процессов вызвана необходимостью сокращения неоправданно большого их количества на однотипные детали или сборочные единицы.

Проектируя новый объект производства, нет необходимости повторять весь объем технологических разработок и технологических процессов. Типизация технологических процессов при их оптимизации позволяет исключить дублирование ранее разработанных процессов и ускорить подготовку производства. Технологическое подобие деталей определяется совокупностью конструктивных признаков и технологическими характеристиками деталей. Разработка типовых технологических процессов начинается с классификации объектов производства, технологических операций, приспособлений, режущего и мерительного инструмента. Типовой технологический процесс должен быть общим для группы деталей, иметь единый план обработки по основным операциям, однотипное оборудование и оснастку. При разработке типового технологического процесса за основу может быть взят наиболее совершенный действующий технологический процесс или спроектирован новый.

Типизация конструкций изделий - это разработка и установление типовых конструкций, содержащих конструктивные параметры, общие для изделий, сборочных единиц и деталей. При типизации конструкций анализируются не только уже существующие типы и типоразмеры изделий, их составные части и детали, но и разрабатываются новые, перспективные, учитывающие достижения науки и техники. Результатом работы по типизации конструкций могут быть *параметрические ряды* изделий, составных частей и деталей. Процесс типизации одновременно с систематизацией и отбором прогрессивных технологических процессов предполагает и усовершенствование технологии производства деталей, создание опережающих процессов с наиболее прогрессивными техническими и экономическими показателями.

Стандартизация технологических процессов в машиностроении осуществляется на основе их *типизации*. Типовым технологическим процессом является процесс, общий для групп однородных деталей, характеризующихся подобием геометрической формы и основных обрабатываемых поверхностей. Общими являются: технологический маршрут их обработки, типы оборудования и применяемая оснастка. В типовом технологическом процессе предусматривается применение наиболее прогрессивных и производительных методов обработки, оснастки, оборудования, режимов резания. Режимы обработки, трудоемкость по каждой детали, входящей в группу, охватываемую типовым процессом, могут быть различными, но порядок обработки основных поверхностей должен оставаться постоянным. На основе типового процесса разрабатывается рабочий технологический процесс на конкретную деталь.

Типизация технологических процессов позволяет применять одни и те же приспособления для обработки различных деталей, родственных по конструктивным формам. Это делает экономически целесообразным применение на заводах дорогостоящих высокопроизводительных приспособлений и при малых масштабах выпуске продукции. Типизация технологических процессов может проводиться по принципу *технологической последовательности* или по *групповому признаку*. По принципу технологической последовательности обрабатываются сложные многооперационные детали, а по групповому признаку детали несложной конфигурации со сравнительно небольшим количеством операций и переходов.

Обработка деталей по принципу технологической последовательности широко применяется в крупносерийном и массовом производстве, а групповой метод распространён в индивидуальном и мелкосерийном производстве.

В основу построения типовых технологических процессов по принципу технологической последовательности принимается типовой представитель

группы деталей. Типовой представитель группы деталей это – деталь, обладающая общими конструкторско-технологическими признаками, такими как: форма, взаимное расположение осей и поверхностей, материал, размерные и весовые характеристики и др. Кроме того, характеризующаяся общностью технологических признаков: технологический маршрут, базы, оборудование, оснастка и др. Обработка такой детали будет иметь большинство операций, характерных и для других деталей, входящих в группу.

В основу разработки типовых технологических процессов по групповому признаку должна быть положена комплексная деталь, содержащая в своей конструкции все основные формообразующие поверхности, идентичные для деталей данной группы. Комплексная деталь может быть реальной и условной, которая создается наложением или дифференциацией поверхностей деталей, входящих в одну группу. Схема образования комплексной детали показана на рис. 2.3.

Разнообразные детали, из которых состоят механизмы и машины: валы, рычаги, втулки, диски, зубчатые колеса, кольца имеют свойственные всем им общие признаки. Оказывается возможным отобрать группу деталей, разных по назначению и форме, но обрабатываемых на однотипных станках: токарных, револьверных, фрезерных и других. Тогда можно эти детали распределить по различным классам в зависимости от признака однородности вида обработки. Внутри каждого класса у различных деталей также можно обнаружить сходство. Исходя из этого сходства, детали можно объединить в группы по признаку общности или близости элементов конструкции, размеров, формы, по признаку сочетания обрабатываемых поверхностей и порядка обработки. При этом следует учитывать также требования к точности размеров, формы, к качеству поверхности, а также вид и материал заготовки, и размеры партий. Очевидно, что хотя все детали внутри группы неодинаковы, они могут быть обработаны по типовому технологическому процессу. Тогда разрабатывают технологический процесс, ориентируясь на комплексную деталь.

В этом случае станок настраивается на какую-либо операцию для обработки комплексной детали, а все остальные детали данной группы можно обработать, заменив сменяемую оснастку. Таким образом, сущность группового метода заключается в том, что технологические процессы разрабатываются не на каждую деталь, как обычно, а на группу деталей. При групповом методе отпадает необходимость частой переналадки станков, сокращается затрата сил, времени, средств, снижается брак и повышается качество продукции, а следовательно, ускоряется оборачиваемость средств, вложенных в производство. При групповом методе на тех же станках можно повторно использовать приспособления.

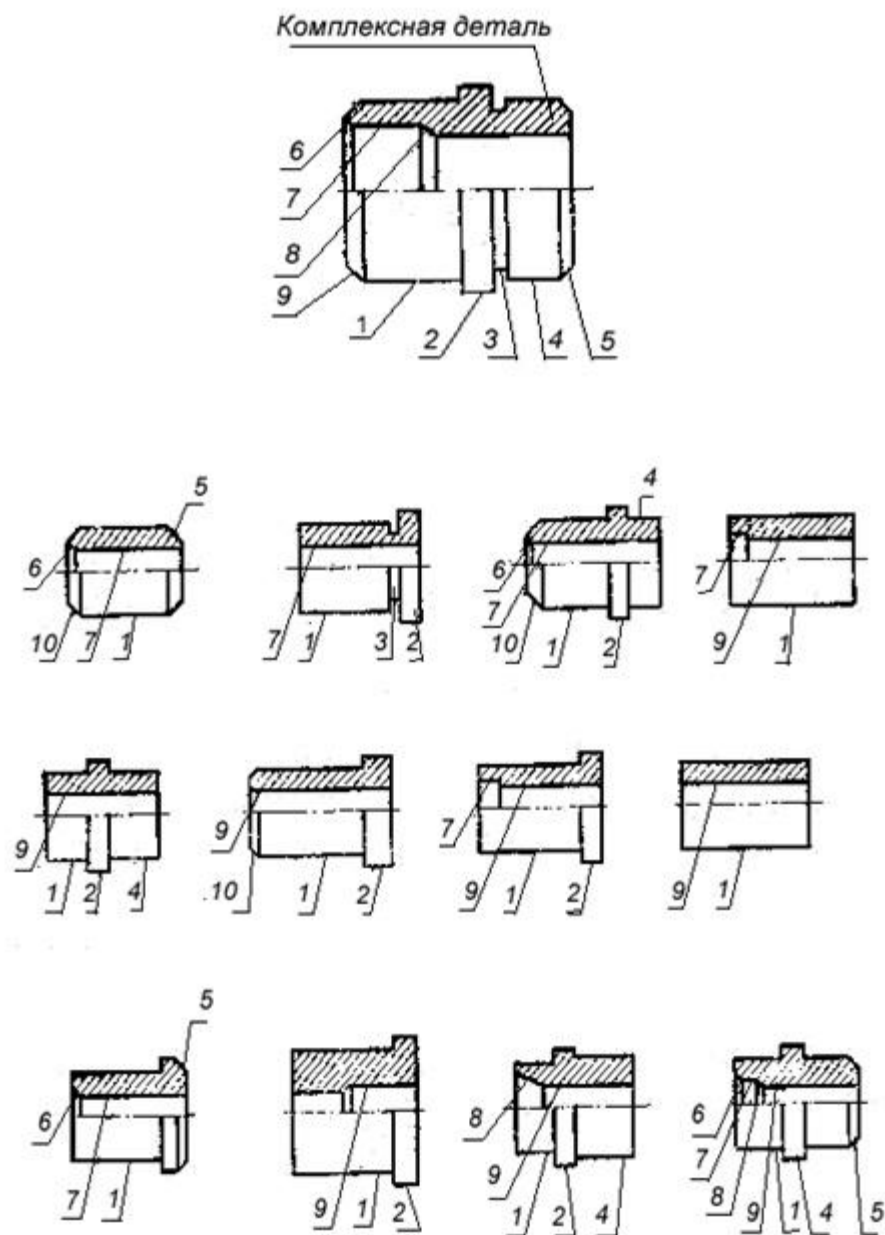


Рис. 2.3. Схема образования комплексной детали

В ряде случаев становится целесообразным их модернизировать. Приспособления становятся и более специализированными, и в то же время более универсальными. Самая важная особенность группового метода заключается в том, что он создает наилучшие условия для обработки деталей в одной поточной линии. Все оборудование образует поточную линию, в которой детали переходят с одной операции на другую прямолинейно, потоком, благодаря этому сокращаются потери времени, упрощается и механизмуется транспортировка деталей, резко повышается производительность труда рабочих и ритмичность работы. Типизация технологических процессов производится на основе классификации деталей. Классификации деталей проводится по признаку общности конструктивно-технологических признаков: геометрической формы, характера наружных и внутренних поверхностей, диапазона размеров, методов и маршрута обработки, применяемого оборудования и оснастки и др. При групповом методе обработки в основу классификации должен быть положен принцип общности оборудования, оснастки, единство технологического маршрута. Классифицируемые детали делятся на группы, подлежащие обработке на револьверных, фрезерных, токарных и других станках

2.3.6. Унификация и агрегатирование изделий

Унификация проводится на основе анализа конструктивных исполнений изделий, их применяемости путем сведения близких по назначению, конструкции и размерам изделий, их составных частей и деталей к единой типовой унифицированной конструкции. Унификация является наиболее распространенной и эффективной формой стандартизации. Конструирование аппаратуры, машин и механизмов с применением унифицированных элементов позволяет не только сократить сроки разработки и уменьшить стоимость изделий, но и повысить их надежность, сократить сроки технологической подготовки и освоения производства.

Различают *внутриразмерную, межразмерную (внутри типовую) и меж типовую унификацию*. *Внутриразмерная унификация* осуществляется для модификаций изделий, имеющих одинаковое функциональное назначение, но отличающихся значением главного параметра. Например, токарно-винторезные станки для обработки заготовок с максимальным диаметром 320 мм унифицированы с токарными, двухсуппортными, операционными и т. д. Степень их унификации между собой и с базовым токарно-винторезным станком достигает 85 - 95 %. Средняя степень унификации автомобилей ЗИЛ, ВАЗ - составляет 80 - 90%.

Межразмерная или внутритиповая унификация осуществляется для базовых моделей или их модификаций между разными размерами параметрического ряда изделий, но внутри одного типа. Например, унифицированы токарно-

винторезные станки для обработки заготовок диаметром 320 и 400 мм. Степень такой унификации может составлять до 35 %.

Межтипсовая унификация осуществляется для изделий, относящихся к различным параметрическим рядам и различным типам. Например, унифицированы в один межтиповой ряд продольно-фрезерные, продольно-строгальные, продольно-шлифовальные станки на основе стандартной ширины обрабатываемых заготовок, установленных по ряду R10 (800; 1000; 1250 и 1600 мм). Это позволило применить для указанных станков 45 % унифицированных узлов в том числе: стойки, станины, поперечины и др. Заводская и отраслевая унификации, осуществляемые соответственно в рамках одного завода и ряда заводов отрасли может охватывать номенклатуру изделий, сборочных единиц и деталей, которые производят и применяют в различных отраслях - *межотраслевая унификация*.

Работа по унификации и стандартизации нашла широкое применение в различных отраслях производящих продукцию, особенно в литейном производстве, изготовлении кузнечно-прессовой оснастки, станочных приспособлений, инструмента и т. д. Унифицированы крепежные детали, арматура и соединения трубопроводов (вентили, клапаны, тройники, краны), редукторы, муфты, шкивы, более подшипники качения и многие другие сборочные единицы и детали. Унификация деталей и агрегатов общемашиностроительного назначения заключается в замене группы близких по конструкции и размерам типов одним оптимальным типоразмером, использование которого возможно для различного назначения. Такой метод широко используется для деталей и узлов машин с ограниченным числом параметров, определяющих их конструкцию, например: шайбы, винты, болты, гайки, уплотнения, муфты и др. В более сложных случаях требуется предварительный анализ конструкций и параметров объектов, оценка качества их функционирования и проведение расчётов. При этом большое внимание следует уделять влиянию конструктивных элементов на эксплуатационные качества унифицируемых деталей и агрегатов. Например, необходимо уменьшать концентрацию напряжений, особенно в местах контакта деталей, проводить оптимизацию формы деталей и предусматривать плавные переходы от одной поверхности детали к другой.

В настоящее время унификацию деталей и сборочных единиц проводят во всех отраслях промышленного производства. В случае создания специализированных производств унифицированных деталей и составных создаётся значительный технико-экономический эффект. Возможность применения агрегатов в различных модификациях машин и приборов одного класса или близких по назначению обеспечивает конструктивную преемственность при создании новых изделий. Использование одинаковых узлов и агрегатов, значительно сокращает трудоемкость проектирования, изготовления и ремонта изделий, повышает уровень взаимозаменяемости

продукции, способствует специализации предприятий, механизации и автоматизации производственных процессов, улучшает качество продукции, а также облегчает перестройку производства при переходе предприятий на освоение новой продукции. Выделение агрегатов выполняют на основе кинематического анализа машин и их составных частей с учетом возможности применения их в других машинах. При этом стремятся, чтобы из минимального числа типоразмеров автономных агрегатов можно было создать максимальное число компоновок оборудования. Большое распространение получили агрегатные станки, так как при смене объекта производства их легко разобрать и из тех же агрегатов собирать новые станки для обработки других деталей с требуемой точностью.

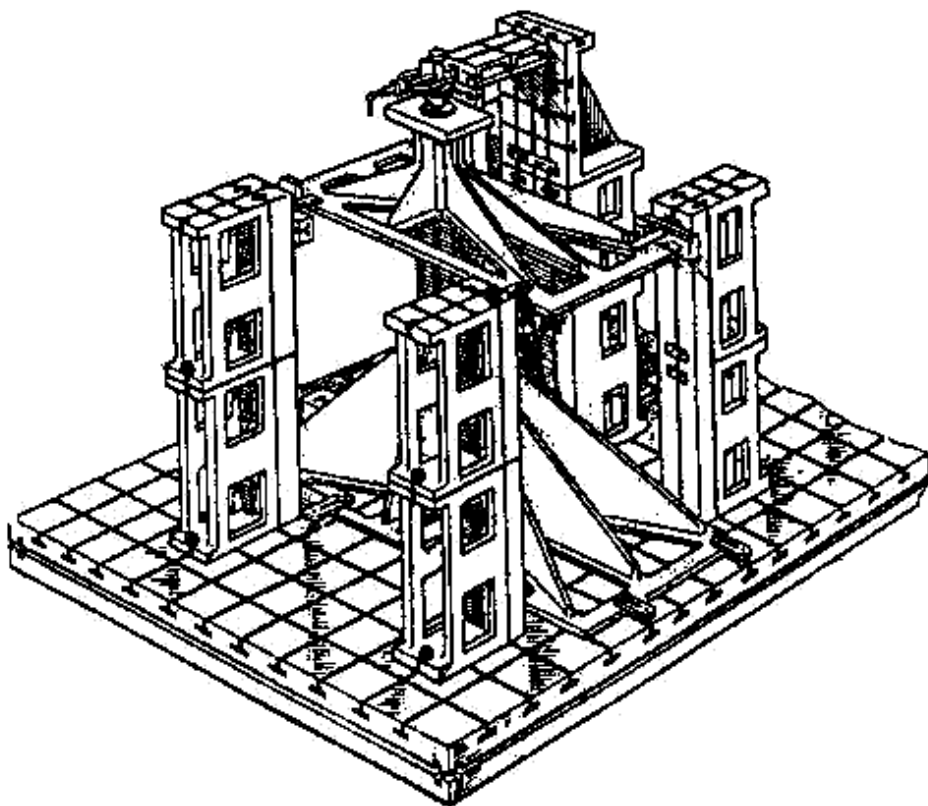


Рис. 2.4. Приспособление для сборки и сварки крупных агрегатов

Наглядным примером применения принципа агрегатирования является система универсально-сборных приспособлений (УСП). Такие

приспособления комплектуют из окончательно и точно обработанных взаимозаменяемых элементов: угольников, стоек, призм, опор, прихватов, зажимов, крепежных деталей и др. Систему УСП наиболее широко используют на опытных заводах и в условиях мелкосерийного и среднесерийного производства. При таких условиях конструирование и изготовление неразработанных приспособлений экономически нецелесообразны. С помощью элементов УСП собирают приспособления для сборки и сварки крупногабаритных изделий (рис. 2.4).

Универсально-сборные приспособления для фрезерных, сверлильных, расточных, сварочных, сборочных, контрольных и других операций показаны на рис. 2.5. Узлы и базовые детали УСП представлены на рис. 2.6.

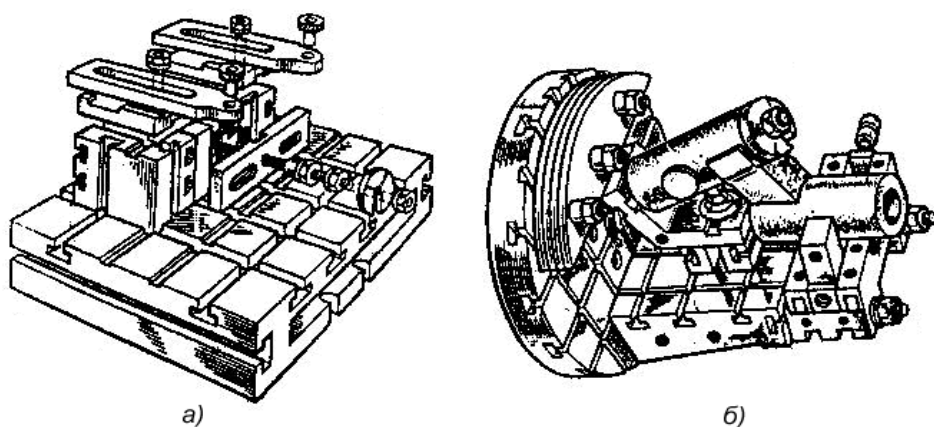


Рис. 2.5. Приспособление для механической обработки:
а) для обработки отверстий; б) для токарных работ

Сборно-разборные приспособления (СРП) собираются из стандартных взаимозаменяемых универсальных узлов и деталей. Основные универсальные узлы и базовые детали УСП представлены на рис.2.6., где: 1 - базовая плита, 2 - базовый угольник, 3 - стойка, 4 - универсальный гидравлический зажим, 5 - регулируемая опора, 6 - прихват, 7 - подводная опора, 8 - регулируемый упор, 9 - самоцентрирующий упор, 10 - гидравлический цилиндр, 11 - разъемный клапан, 12 - рукав высокого давления.

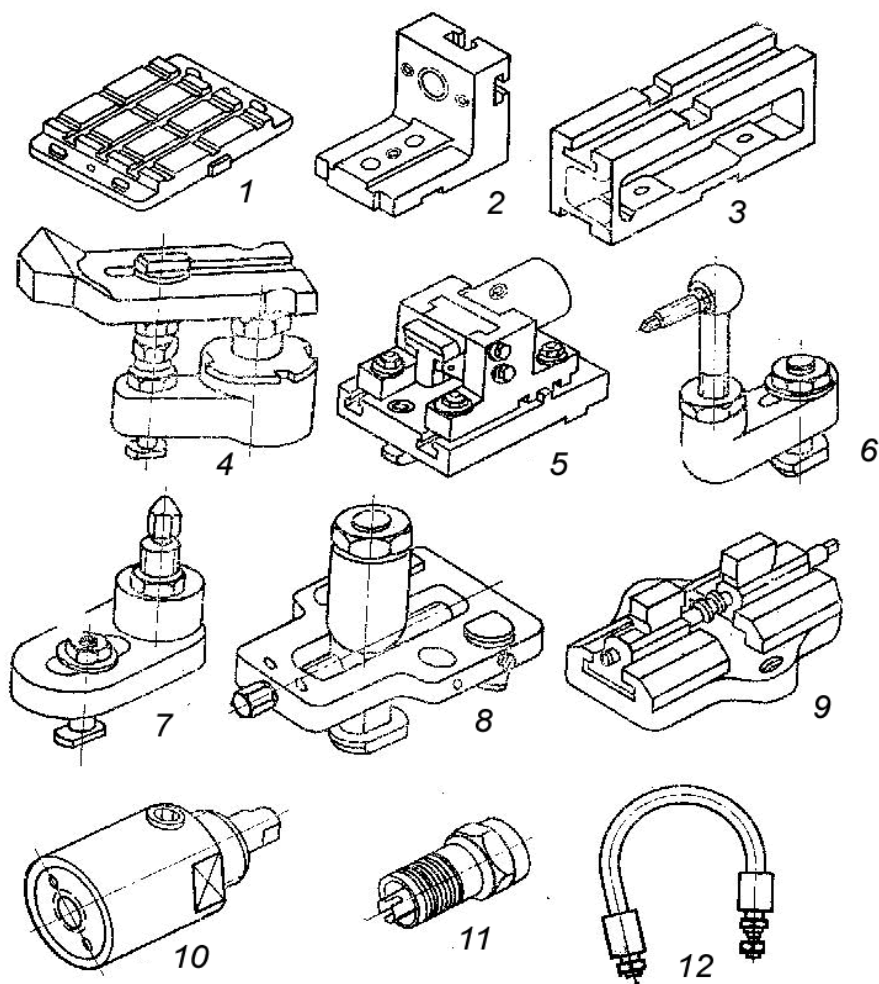


Рис. 2.6. Узлы и базовые детали УСП

2.4 Комплексные системы стандартов

В настоящее время глубокая кооперация, межотраслевые связи предприятий, а также необходимость гармонизации стандартов с международными обусловили необходимость создания комплексных систем межотраслевых стандартов. Эти системы объединяют в каждом комплексе несколько десятков прогрессивных стандартов, охватывающих все стадии жизненного цикла изделий: исследование и проектирование, подготовку производства, производство, эксплуатацию и ремонт.

2.4.1 Единая система конструкторской документации (ЕСКД)

ЕСКД устанавливает для всех организаций страны единый порядок организации проектирования, единые правила выполнения и оформления чертежей и ведения чертежного хозяйства, что упрощает проектно-конструкторские работы, способствует повышению качества и уровня взаимозаменяемости изделий и облегчает чтение и понимание чертежей в разных организациях. ЕСКД дает возможность применять компьютерные технологии для проектирования и обработки технической документации. В стандартах ЕСКД сохранена преемственность с ранее действовавшими стандартами, а также обеспечена согласованность правил оформления чертежей и схем с рекомендациями ИСО и МЭК.

Комплекс стандартов ЕСКД разделяется на следующие группы:

- 0 - общие положения (ГОСТ 2.001 - ГОСТ 2.004);
- 1 - основные положения (ГОСТ 2.101 - ГОСТ 2.125);
- 2 - обозначение изделий и документов (ГОСТ 2.201);
- 3 - общие правила выполнения чертежей (ГОСТ 2.301 - ГОСТ 2.321);
- 4 - правила выполнения чертежей различных изделий (ГОСТ 2.401 - ГОСТ 2.428);
- 5 - правила учёта и обращения конструкторских документов (ГОСТ 2.501 - ГОСТ 2.503);
- 6 - правила выполнения эксплуатационной и ремонтной документации (ГОСТ 2.601 - 2.608);
- 7 - правила выполнения схем (ГОСТ 2.701 - ГОСТ 2.711, ГОСТ 2.721 - ГОСТ 2.770, ГОСТ 2.780 - ГОСТ 2.782 - ГОСТ 2.797);
- 8 - выполнение макетной документации (ГОСТ 2.801 - ГОСТ 2.804, ГОСТ 2.850 - ГОСТ 2.857);
- 9 - прочие.

При проектировании изделий различают *следующие стадии: техническое предложение, эскизный проект, технический проект, рабочая документация.*

Техническое предложение представляет собой совокупность конструкторских документов, обосновывающих целесообразность разработки нового изделия, в т.ч. результаты маркетинга.

Эскизный проект - совокупность конструкторских документов, содержащих принципиальные конструкторские решения, дающие общее представление об устройстве и принципе работы изделия, его параметры и габаритные размеры.

Технический проект - совокупность конструкторских документов, которые должны содержать окончательные технические решения и исходные данные для разработки рабочей документации.

Основные направления развития ЕСКД связаны с применением компьютерных технологий 2D и 3D моделирования с использованием программ *SolidWorks, T-Flex, AutoCAD* и т.п. Широкое применение находят

системы автоматизации проектно-конструкторских работ (САПР) на базе систем расчёта деталей машин *QuickCalc* и приходящей ей на смену *WinMachine*. Применение при проектировании новых изделий информационных технологий, работа в интегрированной среде *CAD-CAM*, работа с 3-х мерными моделями деталей и сборочных единиц позволяет использовать большой объем информации. Результатом этой работы является возможность получения ассоциативных 2-мерных чертежей, составления технологии обработки деталей как на станках с ЧПУ, так и на простом оборудовании.

2.4.2. Единая система технологической документации (ЕСТД)

Технологическая документация, как и конструкторская, в значительной степени определяет трудоемкость, продолжительность подготовки производства и качество продукции. ЕСТД представляет собой комплекс государственных стандартов, устанавливающих взаимосвязанные правила разработки, оформления и обращения технологической документации. Основное назначение стандартов ЕСТД заключается в установлении единых правил оформления и обращения технологических документов в организациях и на предприятиях. Установленные в стандартах ЕСТД правила и положения по разработке, оформлению и обращению документации распространяются на все виды технологических документов.

Стандарты этой системы должны обеспечивать преемственность основных положений стандартов ЕСКД; они должны предусматривать возможность ее разработки, заполнения и обработки средствами информационных технологий. Документация должна базироваться на основе широкого применения типовых (групповых) технологических процессов (операций). Расширение области применения типовых технологических процессов резко сокращает объем работы технолога и объем разрабатываемой документации. Внедрение стандартов ЕСТД играет существенную роль в выборе единого технологического языка, применяемого промышленными организациями и предприятиями, что позволяет повысить уровень технологических разработок и заложить в технологические процессы высокие гарантии качества выпускаемой продукции и повышения производительности труда. Совместно с другими странами проводится работа по созданию системы технологических документов с использованием компьютерных технологий, что способствует расширению технических международных связей.

Весь комплекс стандартов ЕСТД разделяется на классификационные группы:

0 - общие положения (ГОСТ 3.1001);

1 - основополагающие стандарты (ГОСТ 3.1102 - ГОСТ 3.1130);

2 - классификация и обозначение технологических документов (ГОСТ 3.1201);

3 - учет применяемости деталей и сборных единиц в изделиях;

- 4 - основное производство, формы технологических документов и правила их оформления (ГОСТ 3.1401- ГОСТ 3.1409, ГОСТ 3.1412- ГОСТ 3.1428);
- 5 - основное производство, формы технологических документов и правила их оформления на испытания и контроль (ГОСТ 3.1502-3.1507);
- 6 - вспомогательное производство, формы технологических документов (ГОСТ 3.1603);
- 7 - правила заполнения технологических документов (ГОСТ 3.1702 - ГОСТ 3.1707);

В условном обозначении стандарта после кода комплекса - цифра 3 с точкой стоит код производства, для которого разработан стандарт, например 1 - для машиностроения и приборостроения.

2.4.3. Стандарты по безопасности жизнедеятельности

Система обеспечения безопасности жизнедеятельности представлена тремя комплексами стандартов:

"Система стандартов безопасности труда (ССБТ)" с кодом 12;

"Система стандартов в области охраны природы и улучшения использования природных ресурсов (ССОП)" с кодом 17;

"Безопасность в чрезвычайных ситуациях (БЧС)" с кодом 22.

Система стандартов безопасности труда (ССБТ) выполняет важную социальную функцию по предупреждению аварий и несчастных случаев с целью обеспечения охраны здоровья людей на производстве и в быту. В рамках этой системы производятся взаимная увязка и систематизация всей существующей нормативной и нормативно-технической документации по безопасности труда, в том числе многочисленных норм и правил по технике безопасности производственной санитарии как федерального, так и отраслевого значения. ССБТ представляет собой многоуровневую систему взаимосвязанных стандартов, направленную на обеспечение безопасности труда.

Система ССБТ стандартизована ГОСТ 12.0.001-82 и состоит из следующих групп:

0 - организационно-методические стандарты;

1 - стандарты требований и норм по видам опасных и вредных производственных факторов;

2 - стандарты требований безопасности к производственному оборудованию;

3 - стандарты требований безопасности к производственным процессам;

4 - стандарты требований к средствам защиты работающих.

Требования стандартов ССБТ должны быть включены в отраслевые стандарты и стандарты предприятий и соответственно во все виды конструкторской, технологической и проектной документации. Практические пункты реализованы в виде инструкций по технике безопасности на

предприятиях. Основные положения ССБТ содержатся в других комплексах стандартов, таких как: ЕСКД, ЕСТД, СРПП, ГСИ и др.

ССБТ является нормативной базой для проведения обязательной сертификации. Требования ССБТ максимально гармонизированы с аналогичными документами ИСО и МЭК. Подготовка стандартов по безопасности направлена на выявление параметров объектов стандартизации, оказывающих негативное воздействие на человека и окружающую среду. Устанавливаются также методы обеспечения безопасности по каждому из этих параметров.

Главной целью стандартизации в области безопасности является поиск защиты от различных видов опасностей. Так, например, МЭК в сферу вопросов безопасности включила: опасность поражения электротоком, пожароопасность, взрывоопасность, химическую опасность, биологическую опасность, опасность излучений оборудования от: звуковых, инфракрасных, радиочастотных, ультрафиолетовых, ионизирующих, радиационных источников и др.

Система стандартов в области охраны природы и улучшения использования природных ресурсов (ССОП) представляет собой совокупность взаимосвязанных стандартов, направленных на сохранение, восстановление и рациональное использование природных ресурсов (ССОП). Эта система направлена на обеспечение рационального взаимодействия деятельности человека с окружающей природной средой. Система предусматривает обеспечение, сохранение и восстановление природных богатств, рациональное использование природных ресурсов. ССОП направлена на предупреждение вредного влияния (прямого или косвенного) результатов деятельности человеческого общества на природу и здоровье самого человека. Система разработана в соответствии с действующим законодательством с учетом экологических, санитарно-гигиенических, технических и экономических требований.

Безопасность в чрезвычайных ситуациях (БЧС) представлена комплексом стандартов, основной целью которых является: повышение эффективности мероприятий по предупреждению и ликвидации чрезвычайных ситуаций (ЧС) на федеральном, региональном и местном уровнях; обеспечение безопасности населения и объектов народного хозяйства в природных, техногенных, биолого-социальных и военных ЧС; предотвращение или снижение ущерба в ЧС; эффективное использование и экономия материальных и трудовых ресурсов; проведение мероприятий по предупреждению и ликвидации ЧС.

2.4.4. Единая система программных документов (ЕСПД)

Система ЕСПД устанавливает правила разработки, оформления и обращения программ и программной документации. Единые требования к разработке,

сопровождению, изготовлению и эксплуатации программ и программной документации обеспечивают: унификацию программных изделий для взаимного обмена программами и применения ранее разработанных программ в новых разработках; снижение трудоемкости и повышение эффективности разработки, сопровождения, изготовления и эксплуатации программных изделий; автоматизацию изготовления и хранения программной документации.

В состав ЕСПД входят следующие классификационные группы:

0 - общие положения;

1 - основополагающие стандарты; 2 - правила выполнения документации разработки;

2 - правила выполнения документации изготовления;

3 - правила выполнения документации сопровождения;

4 - правила выполнения эксплуатационной документации;

5 - правила обращения программной документации;

7,8 - резервные группы;

9 - прочие стандарты.

Развитию системы ЕСПД способствует интенсивное развитие информационных технологий, например CALS-технологий. Стандартизацией в области CALS-технологий занимаются многие организации, в том числе ИСО, принявшей международные стандарты ИСО 10303, ИСО 13584 и др. В настоящее время CALS-технологии применяют передовые предприятия России. Современная аббревиатура CALS имеет трактовку: *Continuous Acquisition and Lifecycle Support* - непрерывная информационная поддержка жизненного цикла (ЖЦ) продукта. CALS-технологии направлены на обеспечение глобальной бизнес-стратегии перехода на безбумажную электронную технологию. Такая технология повышает эффективность бизнес-процессов, выполняемых в ходе ЖЦ продукта за счет информационной интеграции и совместного использования информации на всех стадиях ЖЦ.

В настоящее время во многих странах, в том числе и в России, действуют национальные организации, координирующие вопросы развития CALS-технологий. Предметом CALS являются технологии совместного использования информации (информационной интеграции) в процессах, выполняемых в ходе ЖЦ продукта. В основе CALS лежит комплекс единых информационных моделей, стандартизация способов доступа к информации. Важным является регулирование правовых отношений в области корректной интерпретации информации, обеспечения безопасности информации, а также юридические вопросы совместного использования информации, в частности в вопросах защиты интеллектуальной собственности.

Информационная интеграция базируется на применении интегрированных моделей продукта, ЖЦ продукта и выполняемых в его ходе бизнес-

процессов, а также производственной и эксплуатационной среды. Системная архитектура базовых информационных моделей является основой, на которой строятся автоматизированные системы управления различного уровня. Одна и та же модель ЖЦ и бизнес-процессов позволяет решать задачи анализа эффективности бизнес-процессов и обеспечения качества продукции. Интегрированная модель продукта обеспечивает обмен конструкторскими данными между проектировщиком и производителем.

Применение совместно используемых информационных моделей, являющихся единым источником информации и стандартизованных методов доступа к данным является основой эффективной информационной кооперации всех участников ЖЦ. Повышение эффективности организационной структуры, поддерживающей одну или несколько стадий ЖЦ продукта, достигается путём моделирования жизненного цикла продукта и выполняемых бизнес-процессов и дальнейшего анализа функционирования этой модели. Цель анализа - выявление существующего взаимодействия между составными частями и оценка оптимальности этого взаимодействия. Для этого с использованием CALS-технологий разрабатываются функциональные модели, содержащие детальное описание действующих процессов в их взаимосвязи. Формат описания определён стандартами функционального моделирования *IDEF/0* и *ISO 10303 AP208*.

Функциональная модель является детальным описанием выполняемых процессов, и позволяет решать задачи, связанные с оптимизацией, оценкой и распределения затрат, а также оценкой функциональной производительности, загрузки и сбалансированности составных частей. Таким образом, решаются вопросы анализа и реинжиниринга бизнес-процессов – *Business Process Reengineering(BPR)*. CALS может, рассматривается как стратегия выживания в рыночной среде, позволяющая: расширить области деятельности предприятий (рынки сбыта) за счет кооперации с другими предприятиями, обеспечиваемой стандартизацией представления информации на разных стадиях и этапах жизненного цикла.

Благодаря современным телекоммуникациям, уже не принципиально географическое положение и государственная принадлежность партнеров. Такие возможности информационного взаимодействия позволяют строить кооперацию в форме виртуальных предприятий, действующих в течение ЖЦ продукта. В процессах проектирования, производства и эксплуатации действует информационная интеграция, что приводит к сокращению затрат на бумажный документооборот, повторный ввод и обработку информации; обеспечение преемственности результатов работы в комплексных проектах и возможности изменения состава участников без потери достигнутых результатов. Достигается повышение конкурентоспособности продукции, спроектированной и произведенной в интегрированной среде с использованием современных компьютерных технологий и имеющей

информационную поддержку на этапе эксплуатации. Заданное качество продукции в интегрированной системе поддержки ЖЦ обеспечивается путем электронного документирования всех процессов и процедур.

2.4.5 Межгосударственная система стандартизации (МГСС)

Межгосударственная стандартизация (ГОСТ 1.0-92) - это стандартизация объектов, представляющих межгосударственный интерес. Представителями стран СНГ подписано "Соглашение о проведении согласованной политики в области стандартизации" и образованы Межгосударственный совет по стандартизации, метрологии и сертификации (МГС) и Межгосударственная научно-техническая комиссия по стандартизации, техническому нормированию и сертификации в строительстве (МНТКС). Совет ИСО признал МГС региональной организацией по стандартизации в странах СНГ. Основные положения системы МГСС содержатся в следующих нормативных документах: ГОСТ 1.0-92, ГОСТ 1.2-97, ГОСТ 1.5-93, а также в правилах (ПМГ) и рекомендациях (РМГ). Объектами межгосударственной стандартизации являются: общетехнические нормы и требования.

Целями межгосударственной стандартизации в соответствии являются: защита интересов потребителей и каждого государства - участника соглашения в вопросах качества продукции, услуг и процессов, обеспечивающих безопасность жизни, здоровья и имущества населения, охрану окружающей среды. Должна быть обеспечена совместимость и взаимозаменяемость продукции и технических требований. Типовые изделия общемашиностроительного применения, например: подшипники, зубчатые колёса, резьбовые детали и др. должны соответствовать одним стандартам. Идентичными должны быть программные и технические средства информационных технологий, справочные данные о свойствах материалов и веществ.

В области метрологии реализуются программы совместных работ в нескольких направлениях: передача размеров единиц физических величин; разработка и пересмотр основополагающих межгосударственных нормативных документов по метрологии; создание и применение стандартных образцов состава и свойств веществ и материалов; методы неразрушающего контроля.

В рамках СНГ действует "Соглашение о взаимном признании результатов сертификации". МГС расширяет сотрудничество с международными организациями по стандартизации, метрологии и сертификации (ИСО, МЭК, СЕН). Соглашение с Европейским комитетом по стандартизации (СЕН) предусматривает о прямое, безвозмездное применение европейских стандартов в качестве межгосударственных для стран СНГ. В случае использования этих стандартов все национальные стандарты в данной области, противоречащие европейским нормам, убираются из обращения.

При этом в СЕН направляются копии стандартов, являющихся прямым применением европейских норм.

2.5. Международная, региональная и национальная стандартизация

2.5.1. Цели международной стандартизации

Торговое, экономическое и научно-техническое сотрудничество различных стран невозможно без международной стандартизации. Необходимость разработки международных стандартов становится все более очевидной, так как различия национальных стандартов на одну и ту же продукцию, предлагаемую на мировом рынке, являются барьером на пути развития международной торговли, тем более что темпы роста международной торговли с каждым годом растут и превышают темпы развития национальных экономик. Примеров, когда различия между национальными стандартами тормозят международное сотрудничество достаточно много. Примером является принятие метрической системы мер Англией, где ранее применялась дюймовая система мер, которая в большинстве стран не применяется. Это вызывало трудности в ремонте техники и подключения её в производственные комплексы, из-за несогласованности присоединительных размеров. В решении проблем международной торговли действует коммуникативная функция стандартизации. Международная стандартизация содействует перемещению людей, энергии и информации. Таким образом, международные стандарты являются необходимым условием освоения рынков сбыта. Основной целью международного научно-технического сотрудничества в области стандартизации является гармонизация, т.е. согласование национальной системы стандартизации с международной. Международное сотрудничество в области стандартизации осуществляется по линии международных и региональных организаций по стандартизации.

2.5.2. Международные организации по стандартизации

Деятельностью, направленной на содействие международной стандартизации занимаются *Международная организация по стандартизации (ИСО)*, *Международная электротехническая комиссия (МЭК)* и *Международный союз электросвязи (МСЭ)*. Наиболее представительными организациями по стандартизации в области промышленного производства являются ИСО и МЭК. Международная организация по стандартизации (ИСО) создана в 1946 г. по решению Комитета по координации стандартов ООН и функционирует с 1947 г. Сфера деятельности ИСО охватывает стандартизацию во всех областях, за исключением электроники и электротехники, которые относятся к компетенции МЭК. *Органами ИСО являются Генеральная ассамблея, Совет ИСО, комитеты Совета, технические комитеты и Центральный секретариат.* Высший орган ИСО - Генеральная ассамблея. В период между сессиями Генеральной ассамблеи работой организации руководит Совет

ИСО, в который входят представители национальных организаций по стандартизации. При Совете создано дополнительное бюро, которое руководит *техническими комитетами ИСО*.

Проекты международных стандартов разрабатываются непосредственно рабочими группами, действующими в рамках технических комитетов. Технические комитеты (ТК) подразделяются на общетехнические и комитеты, работающие в конкретных областях техники. Общетехнические ТК (в ИСО их насчитывается 26) решают общетехнические и межотраслевые задачи. К ним, например, относятся ТК 12 "Единицы измерений", ТК 19 "Предпочтительные числа", ТК 37 "Терминология". Остальные ТК (числом около 140) действуют в конкретных областях техники (ТК 22 "Автомобили", ТК 39 "Станки" и др.). ТК, деятельность которых охватывает целую отрасль (химия, авиационная и космическая техника и др.), организуют подкомитеты (ПК) и рабочие группы (РГ).

В зависимости от степени заинтересованности каждый член ИСО определяет статус своего участия в работе каждого ТК. Членство может быть активным и в качестве наблюдателей. Проект международного стандарта (МС) принимается большинством - 2/3 голосов активных членов ТК. Основная часть МС ИСО - основополагающие стандарты, или стандарты на методы испытаний. В международной стандартизации при разработке стандартов на продукцию главное внимание уделяется установлению единых методов испытаний продукции, требований к маркировке, терминологии. Именно эти параметры, являются основными для взаимопонимания изготовителя и потребителя независимо от страны, где производится и используется продукция. В МС также устанавливаются требования к продукции в части безопасности ее для жизни и здоровья людей, окружающей среды, взаимозаменяемости и технической совместимости. Остальные требования к качеству конкретной продукции устанавливать в МС нецелесообразно, т.к. эти требования регулируются разными категориями потребителей путём согласования ТУ и указываются в контрактах одновременно с ценой на продукт.

В направлении создания общетехнических и межотраслевых норм, ТК ИСО осуществили разработку международной системы единиц измерения, принятие метрической системы резьбы, системы стандартных размеров и конструкции контейнеров для перевозки грузов всеми видами транспорта. В настоящее ТК 176 "Системы обеспечения качества", активно проводит работу по стандартизации и гармонизации основополагающих положений систем обеспечения качества. Первая версия четырех стандартов ИСО серии 9000 была опубликована в 1987 г. Стандарты этой серии направлены на создание единого подхода к решению вопросов качества продукции на предприятиях. Органами Совета ИСО являются Техническое бюро и шесть комитетов. Комитет по оценке соответствия продукции стандартам (КАСКО) создан в

начале 70-х гг. в связи с развитием сертификации. КАСКО занимается разработкой международных рекомендаций по вопросам сертификации, таким как: организация испытательных центров в странах и создание требования к ним; маркировка сертифицируемой продукции; требования к органам, осуществляющим руководство системами сертификации и др. Комитет по вопросам потребления (КОПОЛКО) занимается вопросами изучения путей содействия потребителям в получении максимального эффекта от стандартизации продукции, а также установлением мер, которые необходимо предпринять для более широкого участия потребителей в национальной и международной стандартизации. Одновременно разрабатываются рекомендации по стандартизации, направленные на обеспечение информацией потребителей, на защиту их интересов, а также на создание программ обучения вопросам стандартизации. Проводятся работы по обобщению опыта участия потребителей в работах по стандартизации, применению стандартов на потребительские товары, по другим вопросам стандартизации, представляющим интерес для потребителей. Результатом деятельности КОПОЛКО является издание перечней национальных и международных стандартов, представляющих интерес для потребительских организаций, а также подготовка руководств по оценке качества потребительских товаров. Например, таких как: руководство 12 "Сравнительные испытания потребительских товаров"; руководство 14 "Информация о товарах для потребителей"; руководство 36 "Разработка стандартных методов измерения эксплуатационных характеристик потребительских товаров".

Одной из задач ИСО является совершенствование структуры фонда стандартов. В начале 90-х гг. преобладали стандарты в области машиностроения - 30%, химии - 12,5%. На долю стандартов в области здравоохранения и медицины приходилось - 3,5%, охраны окружающей среды всего 3%. Стандарты в области информатики, электроники и информационного обеспечения занимали только 10,5% . В настоящее время приоритетными в деятельности ИСО становятся социальные сферы (защита окружающей среды, здравоохранение), а также информационные технологии. Конкуренция на мировом рынке фирм, являющихся мировыми изготовителями конкретной продукции, проходит уже на этапе разработки МС. В региональных и международных организациях по стандартизации идет постоянная борьба за лидерство, поскольку экономически развитые страны видят в проекте конкретного МС соответствующий национальный стандарт и борются за отражение в этом проекте своих национальных интересов. Поэтому из общего количества МС ИСО, разработанных всеми ТК, большинство соответствуют национальным стандартам или стандартам предприятий промышленно развитых стран мира. Примером являются стандарты ИСО, принятые в рамках ТК 55 "Пиломатериалы и пиловочные

бревна", в которых за основу МС при разработке были взяты соответствующие российские стандарты.

Лидерство стран при разработке МС определяется степенью участия её специалистов в деятельности рабочих органов ИСО и МЭК. МС ИСО не являются обязательными. Каждая страна имеет право применять МС полностью или частично или вообще не применять. Однако, чтобы поддержать конкурентоспособность своих изделий на мировом рынке изготовители продукции, вынуждены применять международные стандарты.

Международная электротехническая комиссия (МЭК) разрабатывает стандарты в области электротехники, радиоэлектроники, связи. Высший руководящий орган МЭК - Совет, в котором представлены все национальные комитеты. Структура технических органов МЭК такая же, как и ИСО: технические комитеты, подкомитеты и рабочие группы. В составе МЭК 80 ТК, часть из которых разрабатывает МС общетехнического и межотраслевого характера, а другая - МС на конкретные виды продукции (бытовая радиоэлектронная аппаратура, трансформаторы, изделия электронной техники). МЭК проводит работы по установлению требований безопасности для бытовых электроприборов и машин. Подход к обеспечению безопасности в разных странах несколько различен, поэтому особую важность имеет документ ТК 61 "Безопасность бытовых электроприборов". МС устанавливают требования практически ко всем электробытовым приборам и машинам. Разработка МС в этой области обеспечивает создание в МЭК системы сертификации электробытовых приборов и машин.

Ожидается, что деятельность МЭК и ИСО будет постепенно сближаться. Это должно проходить в направлении разработки единых правил подготовки МС, создания совместных ТК. Например, в области информационных технологий такое сближение уже происходит. В работах по международной стандартизации участвуют другие организации. Европейская экономическая комиссия ООН (ЕЭК ООН) проводит работы в области стандартизации требований безопасности механических транспортных средств. Правила ЕЭК ООН имеют статус международных стандартов и являются нормативной базой международной и отечественной систем обязательной сертификации автомобилей. ЕЭК ООН совместно с ИСО разработаны МС на универсальные правила по электронному обмену данными в управлении, торговле и на транспорте. Международная торговая палата (МТИ) работает в области унификации торговой документации. В пределах своей компетенции в работах по стандартизации участвуют и другие международные организации при ООН - ЮНЕСКО, МАГАТЭ и пр.

2.5.3. Стандартизация в рамках Европейского союза (ЕС)

В настоящее время существует тенденция к интеграции экономики, созданию объединенных региональных рынков. Наибольшее развитие интеграция

получила в рамках Европейского экономического сообщества (ЕЭС), которое сформировало единый внутренний рынок. Первоочередное значение в ЕЭС имеет устранение национальных барьеров путём развития европейской стандартизации. Руководители организаций по стандартизации стран - членов ЕЭС и Европейской ассоциации свободной торговли (ЕАСТ) предусматривают возможность совместных действий по согласованию национальных стандартов в условиях экономической интеграции этих стран. В 1961 г. был учрежден Европейский комитет по стандартизации (СЕН). В 1972 г. был создан Европейский комитет по стандартизации в электротехнике (СЕНЭЛЕК). В рамках СЕН и СЕНЭЛЕК действует 239 ТК.

В 1972 г. Советом ЕС была принята Генеральная Е программа устранения технических барьеров в торговле в пределах Сообщества. В рамках этой программы ставилась задача создания системы обязательных для ЕС единых стандартов. Комиссия ЕС разработала программы "Зеленая книга Европы", в которой изложена концепция "Развитие европейской стандартизации для ускорения технической интеграции в Европе", где представлен план перестройки и развития стандартизации на континенте. В "Зеленой книге" отражена позиция ЕС, заключающаяся в том, что евростандарты должны отражать новейшие достижения техники и технологии, а директивы - содержать эффективные меры против проникновения в Сообщество продукции, небезопасной или вредной для населения и окружающей среды.

Директива Совета вводится через законодательные акты государств - членов ЕС, причем устанавливаются сроки ввода: начало действия и конечный срок ее введения в национальных рамках. К термину "европейский стандарт" добавляется определение "гармонизированный". Таким образом, гармонизированный европейский стандарт - это стандарт, обеспечивающий реализацию соответствующей директивы, и в этом случае он обязателен для применения в странах ЕС. Перечни таких гармонизированных стандартов публикуются в официальном бюллетене ЕС. Таким образом, можно считать нормативную базу стандартизации ЕС достаточно прогрессивным и хорошо отлаженным техническим законодательством. Стандарт считается гармонизированным после его опубликования в бюллетене ЕС с указанием номера соответствующей директивы. В случае отсутствия европейских стандартов, необходимых для обеспечения директивы, комиссия ЕС дает мандат европейским организациям по стандартизации (СЕН, СЕНЭЛЕК) на разработку необходимых стандартов и финансирует эти работы.

В основу большинства евростандартов закладывают, как правило, лучшие стандарты отдельных европейских стран. Например, широко известные своим высоким техническим уровнем стандарты Швеции по электромагнитной безопасности персональных компьютеров положены в основу единого, стандарта ЕС. Политика комитетов СЕН и СЕНЭЛЕК на современном этапе заключается в том, чтобы как можно чаще использовать

МС ИСО и МЭК в качестве региональных. В итоге около 45% НД в рамках ЕС представляют международные стандарты, разработанные ИСО/МЭК. Европейскими документами по стандартизации являются европейские стандарты (*EN*) и предварительные европейские стандарты (*ENV*). При проектировании новой продукции в развивающихся отраслях, применяются технические условия (*Technical Specification - TS*), которые заменяют *ENV*. Техническое бюро *CEN*, приняло решение по гармонизации европейских документов по стандартизации с международными стандартами. *TS* разрабатываются техническим комитетом *CEN/CENELEC* и специальной рабочей группой Технического бюро *CEN*. *TS* разрабатываются, например, в области информатики на новые процессы и методы, которые следует апробировать в реальных условиях эксплуатации. Встречаются варианты, когда на один объект разрабатывается несколько, по - существу конкурирующих *TS*. В случае если один из этих *TS* приобретает статус *EN*, все "конкурирующие" *TS* отменяются. Если же не удаётся достичь необходимого консенсуса при принятии *EN*, то разрабатывается *TS*. В ряде стран-членов *CEN* даются официальные извещения о публикации *TS*, и они становятся доступными для широкого пользования, а в некоторых странах *TS* имеют статус предварительного стандарта. *TS* подвергаются экспертной проверке в течении трёх лет с момента разработки. Если проверка показывает целесообразность придания *TS* статуса *EN*, то вступает в действие "одноступенчатая процедура одобрения" (*UniqueAcceptanceProcedure - UAP*). Результатами проверки *TS* могут быть также продление срока их действия на следующие три года или отмена документа.

2.5.4. Национальная стандартизация в развитых странах

В других странах существуют свои особенности системы стандартизации и действуют свои национальные органы стандартизации. Например, в США эту работу возглавляет Американский национальный институт стандартов и технологии (*NIST*). Стандарты США разрабатывают организации, аккредитованные *NIST*. Среди них: Американское общество по испытаниям и материалам (*ASTM*), Американское общество по контролю качества (*ASQC*), Американское общество инженеров-механиков(*ASME*), Объединение испытательных лабораторий страховых компаний, Общество инженеров автомобилестроителей (*SAE*), Институт инженеров по электротехнике и электронике (*IEEE*) и ряд других.

В Великобритании организацией по стандартизации является Британский институт стандартов (*BSI*).

В Германии это - Немецкий институт стандартов (*DIN*). Решением Президиума *DIN* создано Германское общество по маркированию продукции (*DQWK*), которое занимается организацией, управлением и надзором за

системами сертификации продукции на соответствие требованиям стандартов *DIN* и в необходимых случаях международных стандартов.

Информационным обеспечением занимается Информационный центр технических правил (*DITR*). В настоящее время развивается сотрудничество *DIN* с Российскими организациями.

Во Франции организация по стандартизации - Французская ассоциация по стандартизации (*AFNOR*);

в Японии - Японский комитет промышленных стандартов (*JISC*);

в Швеции - Шведская комиссия по стандартизации (*SJS*).

В каждой стране есть свои особенности стандартизации и существуют разные точки зрения на международную и региональную стандартизацию. Процедура разработки американского национального стандарта (*ANSI*) включает свыше десятка этапов. Исполнительный совет по стандартизации Американского национального института стандартов (*ANSI*) проводит аккредитацию разработчика предлагаемого на рассмотрение объекта стандартизации и извещает общественность о внесенных заявках на аккредитацию. Аккредитация предоставляется, если все полученные отзывы от заинтересованных организаций признаны удовлетворительными, а процедуры разработки, представленные заявителем, соответствуют требованиям *ANSI*.

Одна из задач Американского национального института стандартов (*ANSI*) способствовать международному применению национальных стандартов США, поддерживать политику и позиции США в международных и региональных организациях по стандартизации, а также содействовать принятию международных стандартов в качестве национальных, когда это соответствует интересам страны. *ANSI* разрабатывает и постоянно сопровождает организационно-методические документы по вопросам национальной и международной стандартизации. Аккредитованные *ANSI* организации по разработке стандартов осуществляют свою деятельность в соответствии с руководством *ANSI* по разработке и гармонизации американских национальных стандартов. Участие в работе технических комитетов ИСО и МЭК регламентируется документами, устанавливающими порядок участия делегаций США в работах этих международных организаций, а также правила, которыми должны руководствоваться эксперты США, принимающим участие в заседаниях ИСО и МЭК.

Существуют различия в подходе к международной стандартизации США и ЕС. В отличие от европейских стран в США поощряется конкуренция между многочисленными организациями, разрабатывающими стандарты. Это нередко приводит к появлению конкурирующих друг с другом и противоречащих друг другу нормативных документов. США выступили с предложением "глобального признания" (*Global Relevance*) международных стандартов после включения в них разнообразных особенностей

национальных нормативных документов. В странах ЕС считают, что принятие такого предложения привело бы к отказу от гармонизации стандартов, которая является одной из целей международной стандартизации. Один из существенных пунктов разногласий между США и ЕС заключается в различном толковании принципа ссылки на международные стандарты. ИСО выработала четкие правила ссылки на стандарты. Американский национальный институт стандартов (ANSI) поставил эти правила под сомнение, потребовав приравнять в случае применения последних американские стандарты к международным нормативным документам. ИСО отвергла эти притязания и подтвердила предпочтение ссылкам на стандарты ИСО и МЭК.

Национальная организация по стандартизации Японии - Японский комитет промышленных стандартов (JISC) разработала стратегию деятельности по стандартизации в стране, в которую включены основные положения стандартизации. Среди которых широкое использование добровольных стандартов в законодательно регулируемых сферах, таких как безопасность и защита окружающей среды. Использование стандартизации рассматривается как инструмент конкуренции. В настоящее время существует новый вид документов по стандартизации – *New Deliverables*. Понятие *New Deliverables* охватывает ряд национальных, региональных (европейских) и международных документов по стандартизации. Эти стандарты объединены общим признаком - при их создании не было полного согласия между сторонами, которое лежит в основе классических стандартов. Отказ от учета мнения всех заинтересованных сторон, в некоторых случаях значительно быстрее приводит к выполнению требований рынка.

В вопросах безопасности, здравоохранения и защиты окружающей среды традиционный процесс стандартизации остаётся в любом случае обязательным. Таким образом, *New Deliverables* занимает промежуточное положение между документами директивного характера и собственно стандартами. К *New Deliverables* относятся соглашения экспертов, касающиеся той или иной отрасли промышленности или области технологий (*Workshop Agreements*), а также общедоступные технические условия (*Publicly Available Specifications - PAS*). *PAS* представляют собой специальные документы, разрабатываемые для решения проблем, заказчиками которых, как правило, являются научно-технические и промышленные союзы и консорциумы фирм. Общедоступные технические условия (*PAS*) в случае необходимости и появления соответствующих условий могут быть переведены в категорию стандартов. Направления, *PAS*, относятся чаще всего к сфере услуг, применения информационных технологий, оптимизации деятельности административных органов и др.

3. Метрология и технические измерения

3.1. Общие сведения. Законодательная база метрологии

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

Таким образом, метрология включает три взаимосвязанные проблемы: *реализация процессов измерения; обеспечение их единства; методы и средства измерений.*

Основными задачами метрологии согласно РМГ 29-99 являются:

- установление единиц физических величин;
- установление государственных эталонов и образцовых средств измерений;
- разработка теории, методов и средств измерения и контроля;
- обеспечение единства измерений;
- разработка методов оценки погрешностей, состояния средств измерения и контроля;
- разработка методов передачи размеров единиц от эталонов или образцовых средств измерений рабочим средствам измерений.

Законодательная база метрологии включает следующие основные документы:

- Закон РФ "Об обеспечении единства измерений"
- РМГ 29-99. "Государственная система обеспечения единства измерений. Метрология. Основные термины и определения".
- МИ 2247-93 ГСИ. "Метрология. Основные термины и определения".
- ГОСТ 8.417-2002 "ГСИ. Единицы физических величин".
- ПР 50.2.006-94 "ГСИ. Поверка средств измерений. Организация и порядок проведения".
- ПР 50.2.009-94 "ГСИ. Порядок проведения испытаний и утверждения типа средств измерения "
- ПР 50.2.014-94 "ГСИ. Аккредитация метрологических служб юридических лиц на право поверки средств измерений".
- МИ 2277-94 "ГСИ. Система сертификации средств измерений. Основные положения и порядок проведения работ".
- ПР 50.2.002-94 "ГСИ. Порядок осуществления государственного метрологического надзора за выпуском, состоянием и применением средств измерений, аттестованными методиками выполнения измерений, эталонами и соблюдением метрологических правил и норм".

Закон "Об обеспечении единства измерений" осуществляет регулирование отношений, связанных с обеспечением единства измерений в Российской Федерации, в соответствии с Конституцией РФ. В Законе устанавливаются:

основные применяемые понятия, такие как: организационная структура государственного управления обеспечением единства измерений; нормативные документы по обеспечению единства измерений; единицы величин и государственные эталоны единиц величин; средства и методики измерений. Закон устанавливает Государственную метрологическую службу и другие службы обеспечения единства измерений, метрологические службы государственных органов управления и юридических лиц, а также виды и сферы распределения государственного метрологического контроля и надзора. Закон отражает установление в РФ рыночных отношений, определяя основы деятельности метрологических служб государственных органов управления и юридических лиц. Вопросы деятельности структурных подразделений метрологических служб на предприятиях выведены за рамки законодательной метрологии и регулируются экономическими методами. В сферах, которые напрямую не контролируются государственными органами, действует *Российская система калибровки*, также направленная на обеспечение единства измерений. Система калибровки - совокупность субъектов деятельности и калибровочных работ, направленных на обеспечение единства измерений в сферах, не подлежащих государственному метрологическому контролю и надзору и действующих на основе установленных требований к организации и проведению калибровочных работ. Закон обеспечивает взаимодействие с международной и национальными системами измерений. Это позволяет достигнуть взаимного признания результатов испытаний, калибровки и сертификации, а также использовать мировой опыт и тенденции развития современной метрологии. Существуют и другие законодательные акты и документы по стандартизации, относящиеся к законодательной базе метрологии.

3.2. Виды и методы измерений

Измерение - процесс нахождения значения физической величины опытным путем с помощью средств измерения.

Результатом процесса является значение физической величины $Q = qU$, где q - числовое значение физической величины в принятых единицах; U - единица физической величины. Значение физической величины Q , найденное при измерении, называют *действительным*.

Принцип измерений - физическое явление или совокупность физических явлений, положенных в основу измерений. Например, измерение массы тела при помощи взвешивания с использованием силы тяжести, пропорциональной массе, измерение температуры с использованием термоэлектрического эффекта.

Метод измерений - совокупность приемов использования принципов и средств измерений.

Средствами измерений (СИ) являются используемые *технические средства*, имеющие *нормированные метрологические свойства*.

Существует различные *виды измерений*. Классификацию видов измерения проводят, исходя из характера зависимости измеряемой величины от времени, вида уравнения измерений, условий, определяющих точность результата измерений и способов выражения этих результатов.

По характеру зависимости измеряемой величины от времени измерения выделяют *статические и динамические измерения*.

Статические - это измерения, при которых измеряемая величина остается постоянной во времени. Такими измерениями являются, например, измерения размеров изделия, величины постоянного давления, температуры и др.

Динамические - это измерения, в процессе которых измеряемая величина изменяется во времени, например, измерение давления и температуры при сжатии газа в цилиндре двигателя.

По способу получения результатов, определяемому видом уравнения измерений, выделяют *прямые, косвенные, совокупные и совместные измерения*.

Прямые - это измерения, при которых искомое значение физической величины находят непосредственно из опытных данных. Прямые измерения можно выразить формулой $Q = X$, где Q - искомое значение измеряемой величины, а X - значение, непосредственно получаемое из опытных данных. Примерами таких измерений являются: измерение длины линейкой или рулеткой, измерение диаметра штангенциркулем или микрометром, измерение угла угломером, измерение температуры термометром и т.п.

Косвенные - это измерения, при которых значение величины определяют на основании известной зависимости между искомой величиной и величинами, значения которых находят прямыми измерениями. Таким образом, значение измеряемой величины вычисляют по формуле $Q = F(X_1, X_2 \dots X_N)$, где Q - искомое значение измеряемой величины; F - известная функциональная зависимость, $X_1, X_2 \dots X_N$ - значения величин, полученные прямыми измерениями. Примеры косвенных измерений: определение объема тела по прямым измерениям его геометрических размеров, нахождение удельного электрического сопротивления проводника по его сопротивлению, длине и площади поперечного сечения, измерение среднего диаметра резьбы методом трёх проволочек и т.д. Косвенные измерения широко распространены в тех случаях, когда искомую величину невозможно или слишком сложно измерить прямым измерением. Встречаются случаи, когда величину можно измерить только косвенным путём, например размеры астрономического или внутриатомного порядка.

Совокупные - это такие измерения, при которых значения измеряемых величин определяют по результатам повторных измерений одной или нескольких одноименных величин при различных сочетаниях мер или этих

величин. Значение искомой величины определяют решением системы уравнений, составляемых по результатам нескольких прямых измерений. Примером совокупных измерений является определение массы отдельных гирь набора, т.е. проведение калибровки по известной массе одной из них и по результатам прямых измерений и сравнения масс различных сочетаний гирь. Рассмотрим пример совокупных измерений, который заключается в проведении калибровки разновеса, состоящего из гирь массой 1, 2, 2*, 5, 10 и 20 кг. Ряд гирь (кроме 2*) представляет собой образцовые массы разного размера. Звездочкой отмечена гиря, имеющая значение, отличное от точного значения 2 кг. Калибровка состоит в определении массы каждой гири по одной образцовой гире, например по гире массой 1 кг. Меняя комбинацию гирь, проведем измерения. Составим уравнения, где цифрами обозначим массу отдельных гирь, например $1_{\text{обр}}$ обозначает массу образцовой гири в 1 кг, тогда: $1 = 1_{\text{обр}} + a$; $1 + 1_{\text{обр}} = 2 + b$; $2^* = 2 + c$; $1 + 2 + 2^* = 5 + d$ и т.д. Дополнительные грузы, которые необходимо прибавлять к массе гири указанной в правой части уравнения или отнимать от неё для уравновешивания весов, обозначены a, b, c, d . Решив эту систему уравнений, можно определить значение массы каждой гири.

Совместные - это измерения, производимые одновременно двух или нескольких разноименных величин для нахождения функциональной зависимости между ними. Примерами совместных измерений являются определение длины стержня в зависимости от его температуры или зависимости электрического сопротивления проводника от давления и температуры.

По условиям, определяющим точность результата, измерения делятся на *три класса*.

1. Измерения максимально возможной точности, достижимой при существующем уровне техники. В этот класс включены все высокоточные измерения и в первую очередь эталонные измерения, связанные с максимально возможной точностью воспроизведения установленных единиц физических величин. Сюда относятся также измерения физических констант, прежде всего универсальных, например измерение абсолютного значения ускорения свободного падения.

2. Контрольно-поверочные измерения, погрешность которых с определенной вероятностью не должна превышать некоторого заданного значения. В этот класс включены измерения, выполняемые лабораториями государственного контроля (надзора) за соблюдением требований технических регламентов, а также состоянием измерительной техники и заводскими измерительными лабораториями. Эти измерения гарантируют погрешность результата с определенной вероятностью, не превышающей некоторого, заранее заданного значения.

3. Технические измерения, в которых погрешность результата определяется характеристиками средств измерений. Примерами технических измерений являются измерения, выполняемые в процессе производства на промышленных предприятиях, в сфере услуг и др.

В зависимости от способа выражения результатов измерений различают *абсолютные и относительные* измерения.

Абсолютными называют измерения, которые основаны на прямых измерениях одной или нескольких основных величин или на использовании значений физических констант. Примерами абсолютных измерений являются: определение длины в метрах, силы электрического тока в амперах, ускорения свободного падения в метрах на секунду в квадрате.

Относительными называют измерения, при которых искомую величину сравнивают с одноименной величиной, играющей роль единицы или принятой за исходную. Примерами относительных измерений являются: измерение диаметра обечайки по числу оборотов мерного ролика, измерение относительной влажности воздуха, определяемой как отношение количества водяных паров в 1 куб.м воздуха к количеству водяных паров, которое насыщает 1 куб.м воздуха при данной температуре.

В зависимости от способа определения значений искомых величин различают два основных метода измерений *метод непосредственной оценки и метод сравнения с мерой*.

Метод непосредственной оценки - метод измерения, при котором значение величины определяют непосредственно по отсчетному устройству измерительного прибора прямого действия. Примерами таких измерений являются: измерение длины с помощью линейки, размеров деталей микрометром, угломером, давления манометром и т. д.

Метод сравнения с мерой - метод измерения, при котором измеряемую величину сравнивают с величиной, воспроизводимой мерой. Например, для измерения диаметра калибра оптиметр устанавливают на нуль по блоку концевых мер длины, а результат измерения получают по показанию стрелки оптиметра, являющегося отклонением от нуля. Таким образом, измеряемая величина сравнивается с размером блока концевых мер. Существуют несколько разновидностей метода сравнения:

а) метод *противопоставления*, при котором измеряемая величина и величина, воспроизводимая мерой, одновременно воздействуют на прибор сравнения, позволяющий установить соотношение между этими величинами, например измерение сопротивления по мостовой схеме с включением в диагональ моста показывающего прибора;

б) *дифференциальный* метод, при котором измеряемую величину сравнивают с известной величиной, воспроизводимой мерой. Этим методом, например, определяют отклонение контролируемого диаметра детали на оптиметре после его настройки на нуль по блоку концевых мер длины;

в) *нулевой* метод - также разновидность метода сравнения с мерой, при котором результирующий эффект воздействия величин на прибор сравнения доводят до нуля. Этим методом измеряют электрическое сопротивление по схеме моста с полным его уравниванием;

г) при методе *совпадений* разность между измеряемой величиной и величиной, воспроизводимой мерой, определяют, используя совпадения отметок шкал или периодических сигналов. Например, при измерении штангенциркулем используют совпадение отметок основной и нониусной шкал.

В зависимости от способа получения измерительной информации, измерения могут быть **контактными и бесконтактными**.

В зависимости от типа, применяемых измерительных средств, различают *инструментальный, экспертный, эвристический и органолептический* методы измерений.

Инструментальный метод основан на использовании специальных технических средств, в том числе автоматизированных и автоматических.

Экспертный метод оценки основан на использовании суждений группы специалистов.

Эвристические методы оценки основаны на интуиции.

Органолептические методы оценки основаны на использовании органов чувств человека. Оценка состояния объекта может проводиться *поэлементными и комплексными* измерениями. *Поэлементный* метод характеризуется измерением каждого параметра изделия в отдельности. Например, эксцентриситета, овальности, огранки цилиндрического вала. *Комплексный метод* характеризуется измерением суммарного показателя качества, на который оказывают влияние отдельные его составляющие. Например, измерение радиального биения цилиндрической детали, на которое влияют эксцентриситет, овальность и др.; контроль положения профиля по предельным контурам и т. п.

3.3. Международная система единиц физических величин

Согласованная Международная система единиц физических величин была принята в 1960 г. XI Генеральной конференцией по мерам весам. Международная система - СИ (*SI*), *SI* - начальные буквы французского наименования *Systeme International*. В системе предусмотрен перечень из семи основных единиц: метр, килограмм, секунда, ампер, кельвин, кандела, моль и двух дополнительных: радиан, стерадиан, а также даны приставки для образования кратных и дольных единиц.

3.3.1 Основные единицы СИ

Метр равен длине пути, проходимого светом в вакууме за $1/299.792.458$ долю секунды.

Килограмм равен массе международного прототипа килограмма.

Секунда равна 9.192.631.770 периодам излучения, соответствующего переходу между двумя сверхтонкими уровнями основного состояния атома цезия-133.

Ампер равен силе не изменяющегося во времени электрического тока, который при прохождении по двум параллельным прямолинейным проводникам бесконечной длины и ничтожно малой площади кругового сечения, расположенным на расстоянии 1 м один от другого в вакууме, вызывает на каждом участке проводника длиной 1 м силу взаимодействия, равную $2 \cdot 10^{-7}$ в минус 7-ой степени Н.

Кельвин равен $1/273,16$ части термодинамической температуры тройной точки воды.

Моль равен количеству вещества системы, содержащей столько же структурных элементов, сколько содержится атомов в углероде-12 массой 0.012 кг.

Кандела равна силе света в заданном направлении источника, испускающего монохроматическое излучение частотой $540 \cdot 10^{12}$ в 12-ой степени Гц, энергетическая сила света которого в этом направлении составляет $1/683$ Вт/ср.

Таблица 3.1. Основные и дополнительные единицы СИ

Основные единицы СИ			
Величина	Единица	Обозначение	
Наименование	Наименование	русское	международное
Длина L	метр	м	m
Масса М	килограмм	кг	kg
Время Т	секунда	с	s
Сила электрического тока I	ампер	А	A
Термодинамическая температура	кельвин	К	K
Сила света	кандела	кд	cd
Количество вещества	моль	моль	mol
Производные единицы СИ			
Величина	Единица	Обозначение	
Наименование	Наименование	русское	международное
Плоский угол	радиан	рад	rad
Телесный угол	стерадиан	ср	sr

Таблица 3.2. Производные единицы СИ (см. также табл. 3.1)

Производные единицы СИ, имеющие собственные наименования				
Наименование	Единица		Выражение производной единицы через единицы СИ	
Величина	Наименование	Обозначение	другие единицы	основные и дополнительные единицы
Частота	герц	Гц	–	с^{-1}
Сила	ньютон	Н	–	$\text{м} \cdot \text{кг} \cdot \text{с}^{-2}$
Давление	паскаль	Па	$\text{Н}/\text{м}^2$	$\text{м}^{-1} \cdot \text{кг} \cdot \text{с}^{-2}$
Энергия, работа,	джоуль	Дж	$\text{Н} \cdot \text{м}$	$\text{м}^2 \cdot \text{кг} \cdot \text{с}^{-2}$
Мощность	ватт	Вт	$\text{Дж}/\text{с}$	$\text{м}^2 \cdot \text{кг} \cdot \text{с}^{-3}$
Электр. заряд	кулон	Кл	$\text{А} \cdot \text{с}$	$\text{с} \cdot \text{А}$
Электрический потенциал	вольт	В	$\text{Вт}/\text{А}$	$\text{м}^2 \cdot \text{кг} \cdot \text{с}^{-3} \cdot \text{А}^{-1}$
Электрическая емкость	фарада	Ф	$\text{Кл}/\text{В}$	$\text{м}^{-2} \cdot \text{кг}^{-1} \cdot \text{с}^4 \cdot \text{А}^2$
Электрическое сопротивление	ом	Ом	$\text{В}/\text{А}$	$\text{м}^2 \cdot \text{кг} \cdot \text{с}^{-3} \cdot \text{А}^{-2}$
Электрическая проводимость	сименс	См	$\text{А}/\text{В}$	$\text{м}^{-2} \cdot \text{кг}^{-1} \cdot \text{с}^3 \cdot \text{А}^2$
Поток магнитной индукции	вебер	Вб	$\text{В} \cdot \text{с}$	$\text{м}^2 \cdot \text{кг} \cdot \text{с}^{-2} \cdot \text{А}^{-1}$
Магнитная индукция	тесла	Т, Тл	$\text{Вб}/\text{м}^2$	$\text{кг} \cdot \text{с}^{-2} \cdot \text{А}^{-1}$
Индуктивность	генри	Г, Гн	$\text{Вб}/\text{А}$	$\text{м}^2 \cdot \text{кг} \cdot \text{с}^{-2} \cdot \text{А}^{-2}$
Световой поток	люмен	лм		$\text{кд} \cdot \text{ср}$
Освещенность	люкс	лк		$\text{м}^2 \cdot \text{кд} \cdot \text{ср}$
Активность радиоактивного источника	беккерель	Бк	с^{-1}	с^{-1}
Поглощенная доза излучения	грэй	Гр	$\text{Дж}/\text{кг}$	$\text{м}^2 \cdot \text{с}^{-2}$

Примечание: в табл. мелкие цифры обозначают степень, например, энергия $\text{м}^2 \cdot \text{кг} \cdot \text{с}^{-2}$ метр в квадрате, секунда в минус второй степени

3.3.2. Производные единицы СИ

Производные единицы Международной системы единиц образуются с помощью простейших уравнений между физическими величинами, в которых числовые коэффициенты равны единице. Например, для

определения размерности линейной скорости воспользуемся выражением для скорости равномерного прямолинейного движения. Если длина пройденного пути - $v = l/t$ (м), а время, за которое этот путь пройден - t (с), то скорость получается в метрах в секунду (м/с). Следовательно, единица скорости СИ - метр в секунду - это скорость прямолинейно и равномерно движущейся точки, при которой она за время 1 с перемещается на расстояние 1 м. Аналогично образуются и другие единицы, в т.ч. с коэффициентом не равным единице.

3.4. Объекты измерений

3.4.1. Измеряемые величины

Объектами измерений могут быть любые параметры физических объектов и процессов, описывающие их свойства.

Измерения *геометрических* величин: длин; диаметров; углов; отклонений формы и расположения поверхностей; шероховатости поверхностей; зазоров. Измерения *механических* и *кинематических* величин: массы; силы; напряжений и деформаций; твердости; крутящих моментов; скорости движения и вращения; кинематических параметров зубчатых колёс и передач.

Измерения *параметров жидкости и газа*: расхода, уровня, объема; статического и динамического давления потока; параметров пограничного слоя.

Физико-химические измерения: вязкости; плотности; содержания (концентрации) компонентов в твердых, жидких и газообразных веществах; влажности; электрохимические измерения.

Теплофизические и термодинамические измерения: температуры; давления, тепловых величин; параметров цикла; к.п.д.

Измерения времени и частоты: измерение времени и интервалов времени; измерение частоты периодических процессов.

Измерения *электрических и магнитных* величин: напряжения, силы тока, сопротивления, емкости, индуктивности; параметров магнитных полей; магнитных характеристик материалов.

Радиоэлектронные измерения: интенсивности сигналов; параметров формы и спектра сигналов; свойств веществ и материалов радиотехническими методами.

Измерения *акустических величин*: акустические - в воздушной, газовой и водной средах; акустические - в твердых средах; аудиометрия и измерения уровня шума.

Оптические и оптико-физические измерения: измерения оптических свойств материалов; энергетических параметров некогерентного оптического излучения; спектральных, частотных характеристик, поляризации лазерного

излучения; параметров оптических элементов, оптических характеристик материалов; характеристик фотоматериалов.

Измерения *ионизирующих излучений и ядерных констант*: дозиметрических характеристик ионизирующих излучений; спектральных характеристик ионизирующих излучений; активности радионуклидов; радиометрических характеристик ионизирующих излучений.

3.4.2. Размер измеряемой величины

Целью измерения является получение информации о *размере физической величины*.

Под *физической величиной* подразумевается свойство, общее в качественном отношении многим объектам, но в количественном отношении индивидуальное для каждого объекта. Леонард Эйлер определил это так: "величиной называется все, что способно увеличиваться или уменьшаться, или то, к чему можно нечто прибавить или от чего можно отнять".

Размер есть *количественная характеристика* измеряемой физической величины.

На практике появляется необходимость проводить измерения величин характеризующих свойства явлений и процессов. Некоторые свойства проявляются качественно, другие количественно. Отображение свойств в виде множества элементов или чисел или условных знаков представляет собой *шкалу измерений* этих свойств.

Шкала измерений — это упорядоченная совокупность значений физической величины, которая служит основой для ее измерения. Поясним это понятие на примере температурных шкал. В шкале Цельсия за начало отсчета принята температура таяния льда, а в качестве основного интервала (опорной точки) — температура кипения воды. Одна сотая часть этого интервала является единицей температуры (градус Цельсия).

Различают несколько типов шкал: *наименований, порядка, разностей (интервалов), отношений и абсолютные и др.*

Шкалы наименований характеризуются только отношением эквивалентности (равенства). Шкала наименований это - качественная шкала, она не содержит количественную информацию, в ней нет нуля и единиц измерений. Элементы этих шкал характеризуются только соотношениями эквивалентности (равенства) и сходства конкретных качественных проявлений свойств. Примером может служить атлас цветов (шкала цветов). Процесс измерения заключается в визуальном сравнении окрашенного предмета с образцами цветов (эталонными образцами атласа).

Шкалы порядка - характеризуют значение измеряемой величины в баллах. Эти шкалы описывают свойства, для которых имеют смысл не только соотношения эквивалентности, но и соотношения порядка по возрастанию или убыванию количественного проявления свойства. Характерным

примером шкал порядка являются существующие шкалы *чисел твердости тел, шкалы баллов землетрясений, шкалы баллов ветра, шкала оценки событий на АЭС* и т.п. Узкоспециализированные шкалы порядка широко применяются в методах испытаний различной продукции.

В этих шкалах также нет возможности ввести единицы измерений из-за того, что они не только принципиально нелинейны, но и вид нелинейности может быть различен и неизвестен на разных ее участках. Результаты измерений в шкалах твердости, например, выражаются в числах твердости по Бринеллю, Виккерсу, Роквеллу, Шору, а не в единицах измерений. Шкалы порядка допускают монотонные преобразования, в них может быть или отсутствовать нулевой элемент.

Шкалы разностей (интервалов) - отличаются от шкал порядка тем, что для описываемых ими свойств имеют смысл не только соотношения эквивалентности и порядка, но и суммирования интервалов (разностей) между различными количественными проявлениями свойств. Характерный пример - шкала интервалов времени.

Интервалы времени (например, периоды работы, периоды учебы) можно складывать и вычитать, но складывать даты каких-либо событий бессмысленно.

Другой пример, шкала длин (расстояний) пространственных интервалов определяется путем совмещения нуля линейки с одной точкой, а отсчет делается у другой точки. К этому типу шкал относятся и шкалы температур по Цельсию, Фаренгейту, Реомюру.

Шкалы разностей имеют условные (принятые по соглашению) единицы измерений и нули, опирающиеся на какие-либо реперы. В этих шкалах допустимы линейные преобразования, в них применимы процедуры для отыскания математического ожидания, стандартного отклонения, коэффициента асимметрии и смещенных моментов.

Шкалы отношений имеют естественное нулевое значение, а единица измерений устанавливается по согласованию. Например, шкала массы, начинаясь от нуля, может быть градуирована по-разному в зависимости от требуемой точности взвешивания. Сравните бытовые и аналитические весы. К множеству количественных проявлений в этих шкалах применимы соотношения эквивалентности и порядка - операции вычитания и умножения, (шкалы отношений 1-го рода - пропорциональные шкалы), а во многих случаях и суммирования (шкалы отношений 2-го рода - аддитивные шкалы). Массы любых объектов можно суммировать, но суммировать температуры разных тел нет смысла, хотя можно судить о разности и, отношении их термодинамических температур. Примерами шкал отношений являются шкалы массы (2-го рода), термодинамическая температурная шкала (1-го рода).

Шкалы отношений широко используются в физике и технике, в них допустимы все арифметические и статистические операции.

Абсолютные шкалы обладают всеми признаками шкал отношений, но в них дополнительно существует естественное однозначное определение единицы измерения. Такие шкалы используются для измерений относительных величин (отношений одноименных величин: коэффициентов усиления, ослабления, КПД, коэффициентов отражений и поглощений, амплитудной модуляции и т.д.).

3.5. Средства измерений

Измерения выполняются с применением *технических средств*. Необходимыми техническими средствами для проведения измерений являются *меры и измерительные приборы*.

Меры - средства измерений, предназначенные для воспроизведения физической величины заданного размера. Меры наивысшего порядка точности называют *эталоны*.

Эталоны - средства измерений или их комплексы, обеспечивающие воспроизведение и хранение узаконенных единиц физических величин, а также передачу их размера нижестоящим по поверочной схеме средствам измерения.

Образцовые средства измерений - меры, измерительные приборы или преобразователи, утвержденные в качестве образцовых для поверки по ним других средств измерений.

Рабочие средства измерений - такие средства, которые применяют для измерений, не связанных с передачей размера единиц.

3.5.1. Эталоны

Средства измерения высшей точности - эталоны делятся на несколько категорий.

Эталон, воспроизводящий единицу с наивысшей в стране точностью, называется **государственным первичным эталоном**. Эталон единицы физической величины воспроизводят с практически наивысшей достижимой точностью на основе физических принципов на специальных установках.

В 1983 году на XVII Генеральной конференции мер и весов в качестве *эталона единицы длины* утвержден метр - длина пути, проходимого светом в вакууме за $1/299792458$ долю секунды. Ранее эталоном метра был метр равный $1\ 650\ 763,73$ длин световых волн в вакууме излучения, соответствующего переходу между уровнями $2p_{10}$ и $5d_5$ атома криптона 86.

За эталон времени принята *секунда, равная 9192631770 периодам излучения, соответствующего переходу между двумя сверхтонкими уровнями основного состояния атома цезия-133.*

Эталон единицы массы (1 кг) представляет собой цилиндр из сплава платины (90 %) и иридия (10 %), у которого диаметр и высота примерно одинаковы (около 30 мм).

За единицу количества вещества принят моль - количество вещества системы, содержащей столько же структурных элементов частиц, сколько атомов содержится в 12,000 г углерода-12.

В качестве эталона единицы силы света принята (кандела) - сила света в заданном направлении источника, испускающего монохроматическое излучение частотой $540 \cdot 10^{12}$ в 12-ой степени Гц, энергетическая сила света которого в этом направлении составляет 1/683 В/ср.

В качестве эталона единицы силы тока принят ампер - сила неизменяющегося во времени электрического тока, который, протекая в вакууме по двум параллельным прямолинейным проводникам бесконечной длины и ничтожно малой площади кругового поперечного сечения, расположенным один от другого на расстоянии 1 м, создает на каждом участке проводника длиной 1 м силу взаимодействия $2 \cdot 10^{-7}$ в минус 7-ой степени Н.

Эталон термодинамической температуры - кельвин, составляющий 1/273,16 часть термодинамической температуры тройной точки воды.

Если прямая передача размера единицы от существующих эталонов с требуемой точностью технически неосуществима в виду особых условий, то для её воспроизведения единицы создаются *специальные эталоны*. Такими условиями могут быть: повышенное или пониженное давление; высокая влажность; измерения на предельных границах диапазона значений, измеряемой величины.

В метрологической практике широко используются *вторичные эталоны, рабочие эталоны и эталоны-копии*. Эти эталоны создаются и утверждаются в тех случаях, когда это необходимо для организации поверочных работ, а также для обеспечения сохранности и наименьшего износа государственного первичного эталона.

Существуют также следующие категории эталонов:

эталон сравнения - вторичный эталон, применяемый для сличения эталонов, которые по каким-либо причинам не могут быть сличаемыми друг с другом;

эталон-свидетель - вторичный эталон, применяемый для проверки сохранности государственного эталона или для его замены в случае порчи или утраты.

эталон-копия представляет собой вторичный эталон, предназначенный для передачи размера *рабочим эталонам*. Он не всегда может быть точной физической копией государственного эталона.

рабочий эталон - это вторичный эталон, применяемый для хранения единицы и передачи ее размера образцовым средствам или наиболее точным *рабочим средствам измерений*.

Рабочие эталоны могут быть реализованы в виде *одиночного эталона (или одиночной меры)*, в виде *группового эталона*, в виде комплекса средств измерений и в виде *эталонного набора*.

Пример одиночного эталона - эталон массы в виде платиноиридиевой гири. Пример группового эталона - эталон-копия вольта, состоящая из 20 нормальных элементов. Пример комплекса средств измерений - эталон единицы молярной доли концентрации компонентов в газовых смесях. В этом виде измерений различные компоненты, различные диапазоны концентраций, различные газы-разбавители создают большое количество измерительных задач с общей постановкой. Поэтому, в этом случае один эталон состоит из нескольких десятков измерительных установок. Пример эталонного набора - набор средств измерения плотности жидкостей для различных участков диапазона.

В международных метрологических документах такой широкий набор разновидностей эталонов не предусмотрен. Международные эталоны, хранящиеся в Международном бюро по мерам и весам, воспроизводят ограниченное число единиц физических величин. Обычно это либо основные единицы системы СИ, либо единицы, которые могут быть воспроизведены на уровне точности, равной или даже превосходящей точность эталона основной единицы. Пример такого эталона - эталон Вольты, основанный на эффекте Джозефсона, состоящий в протекании постоянного тока через контакт, образованный двумя сверхпроводниками, разделенными тонким слоем диэлектрика (стационарный эффект) или в протекании переменного тока через контакт двух сверхпроводников, к которому приложена постоянная разность потенциалов (нестационарный эффект).

Меньшее в сравнении с отечественным число международных эталонов объясняется тем, что во многих странах понятие эталон и образцовое средство измерения не имеют четкого разграничения. Существует емкое понятие - стандарт (*standart*), что по смыслу может быть переведено как вторичный стандарт (образцовое средство измерения) или как эталон (исходное образцовое средство измерения).

3.5.2. Меры и образцовые измерительные приборы

Меры и образцовые измерительные приборы представляют собой образцовые средства измерений. Они предназначены для поверки и градуировки других средств измерений. Эти средства измерений имеют погрешность показаний в 2-3 раза меньше, чем у поверяемого прибора; на них выдаются свидетельства на право проведения поверки.

Мера может быть реализована в виде какого-либо тела, вещества или устройства, предназначенного для воспроизведения единицы физической величины, хранения единицы и передачи ее размера от одного измерительного прибора к другому. Мера воспроизводит величину, значение

которой связано с принятой единицей определенным известным соотношением.

Меры и образцовые измерительные приборы, служащие для воспроизведения и хранения единиц с наивысшей достижимой на настоящем уровне техники точностью относят к *эталонам*. В отличие от эталона, мера воспроизводит не только единицу, но и её дольные и кратные значения. Например, мерой длины может быть метровый стержень, а также набор мер различного размера - плоскопараллельные концевые меры длины.

Меры массы - это не только эталонные килограммовые гири и их копии, но и разновесы - тела, имеющие массы других размеров.

Меры являются необходимым средством измерений, т.к. с их помощью осуществляется процесс передачи размера единицы физической величины от одного прибора к другому.

Во многих странах, в том числе и в России, созданы специальные хранилища мер, в функции которых входит сличение государственных мер с международными. Впервые в России такое хранилище было образовано в 1842 г. как Депо образцовых мер, а в 1893 г. была учреждена Главная палата мер и весов под руководством Д.И. Менделеева.

Меры как средства измерений могут изготавливаться *различных классов точности*, которые регламентируются соответствующими ГОСТами и поверочными схемами. Особый класс мер представляют собой, так называемые *стандартные образцы*.

Стандартный образец - мера в виде вещества, при помощи которой размер единицы физической величины воспроизводится как свойство или как состав вещества, из которого изготовлен стандартный образец. Такими мерами являются образцовые вещества, которые при определенных условиях воспроизводят единицу измерения или ее дольное или кратное значение. Примером могут служить, например, постоянные температуры, соответствующие переходу вещества из одного состояния в другое: 1063°C - точка плавления золота, $960,8^{\circ}\text{C}$ - точка плавления серебра, $444,6^{\circ}\text{C}$ - точка плавления серы, 100°C - температура парообразования, $182,97^{\circ}\text{C}$ - точка кипения кислорода и др.

Другим примером стандартного образца, в котором используют свойства вещества, является фолиевая кислота. При сжигании в замкнутом объеме определенной массы фолиевой кислоты выделяется строго определенное количество теплоты. По результатам предварительных испытаний на стандартный образец составляется паспорт, и он заносится в Госреестр стандартных образцов. Стандартные образцы, также как другие меры, периодически сличаются, хранятся в метрологических организациях.

В Российской Федерации ведется Государственный Реестр стандартных образцов в специальном институте в Екатеринбурге. Особое место в системе мер занимают стандартные образцы состава вещества - поверочные газовые

смеси. Эти стандартные образцы имеют особенности по сравнению со стандартными образцами в виде твердых объектов или жидкостей. Главное отличие такой меры от других типов мер состоит в том, что поверочная газовая смесь в процессе измерения расходуется, что может привести к изменению состава газовой смеси. Поверочную газовую смесь, которая анализируется, невозможно хранить. Поэтому для анализа готовится партия сосудов со смесью.

Меры подразделяют на *однозначные и многозначные*.

Однозначные меры - это меры, воспроизводящие постоянное значение физической величины. Это может быть единица измерения или кратное или дольное значение (гири, концевые меры длины, измерительные колбы, нормальные элементы ЭДС, катушки электрического сопротивления и т.д.). Для удобства пользования изготавливают наборы мер (разновесы, концевые меры длины и др.). Набор мер, объединенных в одно механическое целое с приспособлением, называют магазином мер (магазины сопротивлений, емкостей и др.).

Многозначные меры воспроизводят не одно, а несколько дольных или кратных значений единиц измерения. Такими мерами являются, например: миллиметровая линейка и другие разделённые метры, градуированные электрические конденсаторы переменной емкости, вариометры индуктивности и др. Для воспроизведения длины в промышленности широко используют штриховые и концевые меры. Штриховые меры выполняют в виде образцов, линейек, рулеток и шкал с отсчётными элементами.

Плоскопараллельные концевые меры длины представляют собой наборы параллелепипедов (пластин и брусков) из стали длиной до 1000 мм или твердого сплава длиной до 100 мм с двумя плоскими взаимно параллельными измерительными поверхностями (ГОСТ 9038- 90). Они предназначены для непосредственного измерения линейных размеров, а также передачи размера единицы длины от первичного эталона концевым мерам меньшей точности.

Концевые меры используются для проверки, градуировки и настройки измерительных приборов, инструментов, станков и др. Благодаря способности к притираемости (т. е. сцеплению), обусловленной действием межмолекулярных сил притяжения, концевые меры можно собирать в блоки нужных размеров, которые не распадаются при перемещениях. Наборы составляют из различного числа концевых мер (от 2 до 112 шт.).

Концевые меры изготавливают следующих классов точности: 00; 01; 0; 1; 2; 3 - из стали: 00; 0; 1; 2 и 3 - из твердого сплава. К каждому набору прилагают паспорт по ГОСТ 2.601- 95, включающий инструкцию по эксплуатации. Из четырех-пяти мер с градацией от 0,001 до 100 мм выпускаемых наборов можно составлять нужные блоки.

Призматические угловые меры (ГОСТ 2875- 88) предназначены для контроля наружных и внутренних углов инструментов, шаблонов, изделий, проверки

приборов и т. п. Угловые меры выпускают пяти типов: 1 и 2 - с одним рабочим углом со срезанной вершиной и остроугольные; 3 - с четырьмя рабочими углами; 4 - многогранные призматические с равномерным угловым шагом; 5 - с тремя рабочими углами, причем угловые меры типов 1, 2 и 3 изготовляют трех классов точности (0, 1 и 2), многогранные призмы чипа 4 - четырех классов точности (00, 0, 1 и 2) угловые меры типа 5 - класса 1. Притирая угловые меры, можно изменять номинальные значения углов в широких пределах .

3.5.3. Передача размера физических величин

Порядок передачи размера единиц физической величины от эталона или исходного образцового средства к средствам более низких разрядов, включая, рабочие, устанавливают в соответствии с поверочной схемой. Поверочная схема передачи единицы длины заключается в последовательном сличении и поверке. Передача единицы производится от рабочего эталона к образцовым мерам высшего разряда, а от них образцовым мерам низших разрядов, затем к рабочим средствам измерения (оптиметрам, измерительным машинам, контрольным автоматам и т. п.). Структура поверочной схемы состоит из нескольких уровней, соответствующих ступеням передачи размера единиц. Существуют различные *типы поверок* измерительных приборов.

Первый тип поверки - *использование образцовой меры*, аттестованной в соответствии со стандартами. Такая поверка может выполняться любой службой, в том числе и отраслевой.

Второй тип поверки - *сличение показаний прибора с показаниями образцового прибора* или образцовой установки. Образцовая аппаратура имеет более высокий класс точности и, соответственно, достаточно высокую стоимость, поэтому поверка проводится, как правило, в специальных организациях - центрах стандартизации и метрологии.

Третий тип поверки - *поэлементно-эквивалентный метод*. Это самый трудоемкий тип поверки. Сущность его заключается в том, что если прибор имеет, например, первичный преобразователь, усилитель, аналогово-цифровой преобразователь и какие-либо вспомогательные устройства, то работоспособность и погрешности определяют для всех составных частей, не поверяя прибор как целое. В этом случае в зависимости от типа составляющих они могут поверяться как приборы, измеряющие физические величины, отличные от тех, для измерения которых предназначен прибор. Например, профилограф-профилометр может иметь алмазный наконечник, электроизмерительный преобразователь, усилитель, интегрирующий блок и высоковольтный самописец или вывод на компьютер. В таком приборе можно поверять отдельно механическую, электрическую и электронную части и делать выводы о работоспособности и классе точности прибора как измерителя качества поверхности.

В некоторых случаях, когда поверке подвергается новый измерительный прибор, этот метод поверки оказывается наиболее подходящим, а иногда и единственно возможным. Поверку некоторых типов приборов проводят без применения мер или образцовых приборов. Показания этих измерительных приборов можно контролировать по таблицам физическим констант и стандартным справочным данным. Такими константами, например, являются: скорость света в вакууме, постоянная Авогадро - число частиц в 1 моле вещества, гравитационная постоянная и др. Показания этих приборов сличаются с физическими константами или со стандартными справочными данными.

3.5.4. Измерительные приборы и установки

Измерения физических величин в производственной деятельности выполняются с помощью *рабочих средств измерения - измерительными приборами или измерительными установками.*

Измерительный прибор - средство измерения, предназначенное для выработки измерительной информации в форме, доступной для непосредственного восприятия наблюдателем. Измерительный прибор представляет собой устройство, градуированное, как правило, непосредственно в единицах измеряемой физической величины.

Измерительные приборы включают в себя: *измерительный преобразователь (датчик), преобразователя сигнала в аналоговую или цифровую форму, усилитель сигнала, отсчетное устройство.*

Современные приборы, кроме того, могут быть оснащены различными электронными устройствами. Например, цифровыми отсчётными устройствами, самописцами или магнитными накопителями, а также устройствами сочленения прибора с компьютером. В случае наличия у измерительных приборов цифровых выходов в виде быстродействующих портов типа *USB-2* или *FireWire (IEEE 1394)* у пользователя появляются дополнительные возможности, например статистическая обработка результатов при проведении измерений в динамическом режиме, измерение параметров быстро протекающих процессов.

В зависимости от программного обеспечения процедуры измерений, появляются также многие сервисные возможности, например, компьютер, может *управлять процессом измерений*, проводить анализ текущей измерительной информации и т.д.

Измерительный преобразователь - это устройство, предназначенное для выработки сигнала измерительной информации в форме, удобной для её передачи, преобразования, обработки и хранения. Различают *первичный, промежуточный, передающий и масштабный преобразователи.*

Первичный преобразователь занимает в измерительной цепи первое место и непосредственно воспринимает измерительную информацию.

Промежуточный преобразователь занимает в измерительной цепи второе место.

Передающий измерительный преобразователь предназначен для дистанционной передачи сигнала.

Масштабный преобразователь предназначен для усиления величины в заданное число раз.

Первичный преобразователь (датчик) имеет чувствительный элемент (контактный или бесконтактный), находящийся под непосредственным воздействием измеряемой величины. Преобразователи разнообразны по конструкции и принципу действия. Они могут быть: механические, оптические, емкостные, индуктивные, лазерные и др.

Усилители могут выполняться в виде катодных повторителей, амплитудно-частотных преобразователей, согласующих устройств с выходом на компьютер и др.

Измерительная установка - комплекс, включающий в себя несколько приборов и вспомогательных комплектующих устройств. Грань между прибором и установкой достаточно условна. Так, например, если температура измеряется при помощи термопары и вольтметра, можно говорить о термоэлектрической установке, а можно то же самое назвать электрическим термометром.

Другой пример *универсальный измерительный микроскоп (УИМ)*, являющийся прибором для измерения геометрических параметров деталей, по существу - измерительная установка с множеством дополнительных устройств и приспособлений.

Кроме измерительных приборов и вспомогательных устройств в состав измерительных установок могут входить *меры или наборы мер*. Например, наборы сменных шкал, объективов с разным фокусным расстоянием, наборы гирь, магазины сопротивлений и индуктивностей, нормальные гальванические элементы и т. д.

В настоящее время территориально разрозненные средства измерения могут соединяться каналами связи, образуя сети. Всё в совокупности представляет собой информационно-измерительную систему. Информация в этой системе может быть представлена в форме, удобной для непосредственного восприятия, а также передаваться по сети. Система позволяет проводить компьютерную обработку информации, анализировать её и использовать для автоматического управления производственными процессами.

3.5.5. Метрологические показатели и характеристики измерительных приборов

Метрологическими показателями и характеристиками измерительных приборов и установок являются: *диапазон показаний, диапазон измерений,*

цена деления шкалы, длина деления шкалы, чувствительность и вариация и др.

Диапазон показаний - область значений шкалы, ограниченная начальным и конечным значениями шкалы. Наибольшее и наименьшее значения измеряемой величины, отмеченные на шкале, называют начальным и конечным значениями шкалы прибора. Например, для оптиметра типа ИКВ - 3 диапазон показаний по шкале составляет $\pm 0,1$ мм, для длинномера типа ИЗВ диапазон показаний по шкале составляет 0 - 100 мм.

Диапазон измерений - область значений измеряемой величины с нормированными допускаемыми погрешностями средства измерений. Для оптиметра типа ИКВ - 3 диапазон измерений размеров составляет 0 - 200 мм, для длинномера - 0 - 250 мм.

Цена деления шкалы - разность значений величины, соответствующих двум соседним отметкам шкалы. Например, для оптиметра и длинномера это - 0,001 мм, а для микрометра - 0,01 мм.

Длина деления шкалы - расстояние между осями (центрами) двух соседних отметок шкалы, измеренное вдоль воображаемой линии, проходящей через середины малых отметок шкалы. Очевидно, чем больше длина деления шкалы, тем выше усиление и тем комфортнее воспринимается наблюдателем измерительная информация.

Чувствительность измерительного прибора - отношение изменения сигнала на выходе измерительного прибора к вызывающему его изменению измеряемой величины. Так, если при измерении диаметра вала с номинальным размером $x = 100$ мм изменение измеряемой величины равно 0,01 мм вызвало перемещение стрелки показывающего устройства на 10 мм, абсолютная чувствительность прибора составляет $10/0,01 = 1000$, относительная чувствительность равна $10 \cdot (0,01/100) = 10.000$. Для шкальных измерительных приборов абсолютная чувствительность численно равна передаточному отношению и с изменением цены деления шкалы чувствительность прибора остаётся неизменной. Однако на разных участках шкалы чувствительность может быть разной. Понятие чувствительности может определяться *передаточной функцией*, как функцией отношения сигналов на входе и на выходе преобразователя. В зависимости от вида функции чувствительность может быть либо постоянной величиной, либо величиной, зависящей от этой функции. Если функция линейная, то прибор имеет линейную шкалу, в противном случае - нелинейную. Линейность шкалы зависит не только от характеристик преобразователя, но и от выбора единиц физических величин.

Наряду с чувствительностью существует *понятие порога чувствительности*, представляющее собой минимальное значение изменения измеряемой величины, которое может показать прибор. Порог чувствительности тем ниже, чем больше чувствительность. Кроме того, на него влияют конкретные

условия наблюдения, например возможность, различать малые отклонения, стабильность показаний, величина трения покоя и др.

Вариация показаний измерительного прибора - разность показаний прибора в одной и той же точке диапазона измерений при плавном подходе "справа" и подходе "слева" к этой точке. Вариация показаний представляет собой алгебраическую разность наибольшего и наименьшего результатов при многократном измерении одной и той же величины в неизменных условиях. Вариация характеризует нестабильность показаний измерительного прибора.

Градуировочная характеристика прибора - это зависимость между значениями величин на выходе и входе средства измерений, представленная в виде формулы, таблицы или графика. В большинстве случаев приборы градуируют так, чтобы цена деления шкалы превышала максимальную погрешность градуировки, но этот принцип действует не всегда. Таким образом, хотя между точностью и чувствительностью существует определенное соответствие, путать эти понятия не следует. Градуировочная характеристика прибора может быть использована для уточнения результатов измерения.

Важной характеристикой контактных измерительных приборов является *измерительное усилие*, создаваемое по линии измерения и вызывающего деформацию в месте контакта измерительного наконечника с поверхностью детали.

Измерительные приборы могут быть *аналоговые и цифровые*. В аналоговых приборах показания определяются по шкале и являются непрерывной функцией изменения измеряемой величины. В цифровых приборах, вырабатываются дискретные сигналы измерительной информации, и результат представляется в цифровой форме.

3.6. Виды погрешностей и причины их возникновения

Качество измерений характеризуется: *точностью, достоверностью, правильностью, сходимостью и воспроизводимостью измерений*. Точность измерительного прибора это - метрологическая характеристика прибора, определяемая *погрешностью измерения*, в пределах которой можно обеспечить использование данного измерительного прибора.

В метрологии используется понятие "*класс точности*" прибора или меры. Класс точности средства измерений (ГОСТ 8.401-80) является обобщенной характеристикой средства намерений, определяемой пределами основных и дополнительных погрешностей, а также другими свойствами, влияющими на точность, значения которых устанавливаются в стандартах на отдельные виды средств измерения.

Класс точности характеризует свойства средства измерения, но не является показателем точности выполненных измерений, поскольку при определении

погрешности измерения необходимо учитывать погрешности метода, настройки и др.

В зависимости от точности приборы разделяются на *классы*: первый, второй и т.д. Допускаемые погрешности для разных типов приборов регламентируются государственными стандартами. Точность - это качество измерений, отражающее близость их результатов к истинному значению измеряемой величины. *Количественная оценка точности* - обратная величина модуля относительной погрешности. Например, если погрешность измерений равна 10 в степени минус 6, то точность равна 10 в степени плюс 6.

Точность измерения зависит от погрешностей возникающих в процессе их проведения.

Абсолютная погрешность измерения - разность между значением величины, полученным при измерении, и ее истинным значением, выражаемая в единицах измеряемой величины.

Относительная погрешность измерения - отношение абсолютной погрешности, измерения к истинному значению измеряемой величины.

Систематическая погрешность измерения - составляющая погрешности измерения, остающаяся постоянной или изменяющаяся по определенному закону при повторных измерениях одной и той же величины. Систематическая погрешность может быть исключена с помощью поправки.

Случайная погрешность - составляющая погрешности измерения, изменяющаяся при повторных измерениях одной и той же величины случайным образом.

Грубая погрешность измерения - погрешность, значение которой существенно выше ожидаемой.

В зависимости от последовательности причины возникновения различают следующие виды погрешностей.

Инструментальная погрешность - составляющая погрешности измерения, зависящая от погрешностей применяемых средств. Эти погрешности определяются качеством изготовления самих измерительных приборов.

Погрешность метода измерения - составляющая погрешности измерения, вызванная несовершенством метода измерений.

Погрешность настройки - составляющая погрешности измерения, возникающая из-за несовершенства осуществления процесса настройки.

Погрешность отсчёта - составляющая погрешности измерения, вызванная недостаточно точным считыванием показаний средств измерений. Погрешность возникает из-за видимого изменения относительных положений отметок шкалы вследствие перемещения глаза наблюдателя - погрешность параллакса.

Погрешность поверки - составляющая погрешности измерений, являющаяся следствием несовершенства поверки средств измерений. Погрешности от

измерительного усилия действуют в случае контактных измерительных приборов. При оценке влияния измерительного усилия на погрешность измерения, необходимо выделить упругие деформации установочного узла и деформации в зоне контакта измерительного наконечника с деталью.

Влияющая физическая величина - физическая величина, не измеряемая данным средством, но оказывающая влияние на результаты измеряемой величины, например: температура и давление окружающей среды; относительная влажность и др. отличные от нормальных значений.

Погрешность средства измерения, возникающая при использовании его в нормальных условиях, когда влияющие величины находятся в пределах нормальной области значений, называют *основной*.

Если значение влияющей величины выходит за пределы нормальной области значений, появляется *дополнительная погрешность*.

Нормальные условия применения средств измерений - условия их применения, при которых влияющие величины имеют, нормальные значения или находятся в пределах нормальной (рабочей) области значений. Нормальные условия выполнения линейных и угловых измерений и поверки регламентированы соответственно ГОСТ 8.050-73 и ГОСТ 8.395-80.

Нормальная температура при проведении измерений равна 20 °С (293 К), при этом рабочая область температур составляет 20 °С ± 1°.

Температурные погрешности вызываются температурными деформациями. Они возникают из-за разности температур объекта измерения и средства измерения. Существуют два основных источника, обуславливающих погрешность от температурных деформаций: отклонение температуры воздуха от 20 °С и кратковременные колебания температуры воздуха в процессе измерения.

Субъективные погрешности - погрешности, зависящие от оператора. Возможны четыре вида субъективных погрешностей: *погрешность отсчитывания*; *погрешность присутствия* (проявляется в виде влияния теплоизлучения оператора на температуру окружающей среды, а тем самым и на измерительное средство); *погрешность действия* (вносится оператором при настройке прибора); *профессиональные погрешности* (связаны с квалификацией оператора, с отношением его к процессу измерения).

Результат наблюдения - значение величины, полученное при отдельном наблюдении.

Результат измерения - значение величины, найденное в процессе измерения, после обработки результатов наблюдения.

Стабильность средства измерений - качественная характеристика средства измерений, отражающая неизменность во времени его метрологических свойств.

В качестве количественной оценки стабильности служит *нестабильность средства измерений* или *вариация* его показаний. Достоверность измерений

характеризует степень доверия к результатам измерений. Достоверность оценки погрешностей определяют на основе законов теории вероятностей и математической статистики. Это дает возможность для каждого конкретного случая выбирать средства и методы измерений, обеспечивающие получение результата, погрешности которого не превышают заданных границ с необходимой достоверностью.

Правильность измерений - это качество измерений, отражающее близость к нулю систематических погрешностей в результатах измерений.

Сходимость - это качество измерений, отражающее близость друг к другу результатов измерений одного и того же параметра, выполненных повторно одними и теми же средствами одним и тем же методом в одинаковых условиях и с одинаковой тщательностью.

Воспроизводимость - это качество измерений, отражающее близость друг к другу результатов измерений, выполняемых в различных условиях (в различное время, в различных местах, различными методами и средствами).

3.7. Метрологическое обеспечение единства измерений

Метрологическое обеспечение единства измерений - деятельность метрологических и других служб, направленная: на создание в стране необходимых эталонов, образцовых и рабочих средств измерений; на их правильный выбор и применение; на разработку и применение метрологических правил и норм; на выполнение других метрологических работ, необходимых для обеспечения требуемого качества измерений на рабочем месте, предприятии, в отрасли и национальной экономике.

Метрологическое обеспечение направлено на *обеспечение единства и точности измерений* для достижения установленных техническими условиями характеристик функционирования технических устройств. Метрологическое обеспечение представляет собой комплекс научно-технических и организационно-технических мероприятий, осуществляемых через соответствующую деятельность учреждений и специалистов. Метрологическое обеспечение измерений включает: теорию и методы измерений, контроля, обеспечения точности и единства измерений; организационно-технические вопросы обеспечения единства измерений, включая нормативно-технические документы - государственные стандарты, методические указания, технические требования и условия, регламентирующие порядок и правила выполнения работ.

Практическая деятельность организаций по метрологическому обеспечению охватывает достаточно большой круг вопросов. Осуществляется надзор за применением законодательно установленной системы единиц физических величин. Обеспечение единства и точности измерений проводится путем передачи размеров единиц физических величин от эталонов к образцовым средствам измерений и от образцовых к рабочим. Проводится надзор за

функционированием государственных и ведомственных поверочных схем. Постоянно разрабатываются методы измерений дающие наивысшую точность. На этой основе создаются эталоны и образцовые средства измерений.

Осуществляется надзор за состоянием средств измерений в министерствах и ведомствах. Метрологическое обеспечение измерительных средств на разных этапах их жизненного цикла решает вполне конкретные задачи.

Исследуются параметры и характеристики измерительных систем и приборов для определения требований к объему, качеству и номенклатуре измерений и контроля.

Производится анализ и выбор средств измерений и контроля из числа серийно выпускаемых. Если необходимых средств измерений не существует, то формируют технические требования на создание новых типов.

Проводится поверка применяемых средств измерений.

Выполняется анализ технологических процессов с точки зрения определения номенклатуры и последовательности измерительно-контрольных операций, установления метрологических характеристик соответствующих средств измерений.

Проводятся работы по обеспечению производства серийно выпускаемых средств измерений и контроля, с целью своевременного обновления парка этих средств на предприятиях.

Осуществляется метрологическая экспертиза конструкторской и технологической документации, совершенствуются методики измерения и контроля.

Ответственность за правильность, своевременность и полноту метрологического обеспечения технических устройств возлагается на их потребителей. Решение задач по метрологическому обеспечению метрологические службы организаций и предприятий.

Технической основой обеспечения единства измерений являются:

- Система (совокупность) государственных эталонов единиц и шкал физических величин - эталонная база страны.
- Система передачи размеров единиц и шкал физических величин от эталонов ко всем СИ с помощью эталонов и других средств поверки.
- Система разработки, постановки на производство и выпуска в обращение рабочих СИ, обеспечивающих исследования, разработки, определение с требуемой точностью характеристик продукции, технологических процессов и других объектов.
- Система государственных испытаний СИ (утверждение типа СИ), предназначенных для серийного или массового производства и ввоза из-за границы партиями.
- Система государственной и ведомственной метрологической аттестации, поверки и калибровки СИ.

- Система стандартных образцов состава и свойств веществ и материалов.
- Система стандартных справочных данных о физических константах и свойствах веществ и материалов.

3.7.1. Поверка, ревизия и экспертиза средств измерений

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

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

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

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

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

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

Обязательная поверка

Обязательной государственной поверке подлежат средства измерений, применяемые органами государственной метрологической службы, а также образцовые средства измерений, применяемые в качестве исходных в метрологических органах министерств и ведомств.

Обязательной поверке подлежат средства измерений, применяемые при учете материальных ценностей, взаимных расчетах и торговле.

Обязательной поверке подвергаются средства измерений, связанные с охраной здоровья населения и техникой безопасности.

Обязательная поверка осуществляется для средств измерений, применяемых при государственных испытаниях новых средств измерений, а также средств измерений, результаты которых используются при регистрации официальных спортивных международных и национальных рекордов.

Подлежат обязательной государственной поверке рабочие средства измерений, применяемые для учета в торговле: весоизмерительные приборы; расходомеры; счетчики электроэнергии, газа, нефтепродуктов и воды и др. Приборы, служащие для охраны здоровья населения: шумомеры; дозиметры; рентгенометры и тонометры, медицинские термометры и др. Измерительные приборы, обеспечивающие безопасность работ: радиометры, измерители напряженности поля СВЧ, газоанализаторы и др.

Остальные средства измерений подлежат обязательной *ведомственной поверке*. Сроки периодических поверок (межповерочные интервалы) устанавливаются и корректируются метрологическими подразделениями предприятий, организаций и учреждений, эксплуатирующих средства измерений с таким расчетом, чтобы обеспечить метрологическую исправность средств измерений на период между поверками.

Начальный межповерочный интервал устанавливается при государственных испытаниях средств измерений. Поверка средств измерений должна осуществляться в соответствии с действующими государственными стандартами на поверочные схемы, методы и средства поверки.

Положительные результаты поверки удостоверяются: наложением на средства измерений поверительного клейма установленного образца и выдачей *свидетельства о поверке*. Метрологическая ревизия заключается в поверке состояния средств измерений и выполнения правил их поверки. Результаты метрологической ревизии оформляются актом, содержащим конкретные результаты проверки, а также предложения по изъятию средств измерений, признанных непригодными к применению, и предложения по устранению обнаруженных недостатков с указанием сроков.

3.7.2. Государственные испытания средств измерений

Средства измерений, предназначенные для серийного производства, а также ввоза из-за границы, подвергаются обязательным государственным испытаниям органами Государственной метрологической службы. Государственные испытания предусматривают экспертизу технической документации на средства измерений и их экспериментальные исследования для определения степени соответствия установленным нормам, потребностям производства. Оценивается также современный уровень развития измерительной техники для установления целесообразности производства или закупки новых образцов.

Установлены два вида государственных испытаний: *государственные приемочные испытания* опытных образцов средств измерений новых типов, намеченных к серийному производству или импорту в РФ и *государственные контрольные испытания* образцов из установочной серии и серийно выпускаемых средств измерений.

Государственные приемочные испытания проводятся соответствующими государственными метрологическими органами или специальными государственными комиссиями, состоящими из представителей метрологических институтов, организаций-разработчиков, изготовителей и заказчиков. В процессе государственных приемочных испытаний опытных образцов средств измерений проверяется соответствие средства измерений современному техническому уровню, а также требованиям технического задания, проекта технических условий и государственных стандартов.

Проверке подлежат также нормированные метрологические характеристики и возможность их контроля при производстве, после ремонта и при эксплуатации, возможность проведения поверки и ремонтпригодность испытываемых средств измерений. Государственная приемочная комиссия на основании изучения и анализа, представленных на испытание образцов средств измерений и технической документации принимает рекомендацию о целесообразности (или нецелесообразности) выпуска средства измерения данного типа.

Государственный орган по стандартизации и метрологии рассматривает материалы государственных испытаний и принимает решение об утверждении типа средств измерения к выпуску в обращение в стране. После утверждения тип средств измерения вносится в Государственный реестр средств измерений. Государственные контрольные испытания проводятся территориальными организациями Государственного органа по стандартизации и метрологии.

Целью государственных контрольных испытаний является проверка соответствия выпускаемых из производства или ввозимых из-за границы средств измерений требованиям стандартов и технических условий. Контрольные испытания средств измерений серийного производства проводятся в установленных случаях. Эти испытания обязательны при выпуске установочной серии новых измерительных приборов. В случае поступления сведений об ухудшении качества средств измерений, выпускаемых предприятием-изготовителем.

Контрольные испытания проводят, если в конструкцию и технологию изготовления средств измерений внесены изменения, влияющие на их нормируемые метрологические характеристики. Контрольные испытания проводят также в порядке государственного надзора за качеством выпускаемых средств измерений в сроки, устанавливаемые государственным органом.

3.8. Контроль качества продукции

Качество продукции - совокупность свойств продукции, обуславливающих её пригодность удовлетворять определённые потребности в соответствии с её назначением.

Контроль качества - это процесс получения и обработки информации об объекте с целью определения нахождения параметров объекта в заданных пределах. Процесс контроля заключается в установлении соответствия действительных значений физических величин установленным предельным значениям. Контроль должен ответить на вопрос находится ли контролируемая физическая величина в поле допуска или выходит за его пределы.

Контроль параметров и характеристик объекта, связанный с нахождением действительных значений физических величин, называется *измерительным контролем*.

В тех случаях, когда нет необходимости определять числовые значения физических величин, а требуется установить только факт нахождения параметра в поле допуска или выхода из него, производится качественная оценка параметров объекта, т.е. осуществляется *качественный контроль*. Качественный контроль в отличие от измерительного контроля называют просто *контролем*.

Виды контроля

Классификация видов контроля основана на различных признаках: время проведения и место контроля в технологическом цикле, управляющее воздействие контроля, объект контроля и др. Рассмотрим наиболее распространённые виды контроля.

Контроль может быть *разрушающий и неразрушающий*.

При *разрушающем контроле* для выполнения контрольных операций необходимо разрушить изделие и дальнейшее его использование становится не возможным. Примером разрушающего контроля, когда определение соответствия контролируемого параметра установленным предельным отклонениям, сопровождается разрушением объекта, является проверка изделия на прочность.

При *неразрушающем контроле* соответствие контролируемого параметра установленным предельным отклонениям определяется по результатам полученной информации об объекте контроля. Взаимодействие органов средства контроля с объектом контроля не вызывает разрушения объекта и не изменяет его свойств. Примерами неразрушающего контроля являются: контроль размеров деталей, отклонений формы и расположения поверхностей, давления, температуры и др. Результаты контроля можно использовать для воздействия на ход производственного процесса.

В зависимости от характера этого воздействия контроль может быть *активным и пассивным*.

Активный контроль объекта осуществляется непосредственно в ходе технологического процесса формирования изделия, например обработки детали на станке. Текущие результаты активного контроля дают информацию о необходимости изменения режимов обработки или корректировке

параметров технологического оборудования, например необходимость изменения положения между режущим инструментом и деталью. Активный контроль может быть *ручным*, при котором режимами и остановкой станка в процессе изготовления изделия управляет оператор, наблюдающий за показаниями приборов или *автоматическим*, когда управление станком осуществляется с помощью команд, выдаваемых установленным на станке или вне станка устройством. Применение активного контроля позволяет повысить производительность труда, улучшить качество изготовления, вести одновременное обслуживание нескольких единиц технологического оборудования, получать высокую точность изделий, использовать на этих работах операторов относительно невысокой квалификации. Перспективным является создание устройств активного контроля, работающих без настройки по образцовым объектам. В качестве образцовых могут быть как материальные объекты (например, образцовые детали), так и соответствующее программное обеспечение.

В отличие от активного **пассивный контроль** осуществляется после завершения отдельной технологической операции или всего технологического цикла изготовления объекта (детали или изделия). На стадиях жизненного цикла изделия, в том числе технологического процесса изготовления, производимый контроль имеет различное назначение, и протяжённость во времени.

Различают *входной, операционный и приёмочный контроль, а также непрерывный, периодический и летучий контроль*.

Входному контролю подвергают сырьё, исходные материалы, полуфабрикаты, комплектующие изделия, техническую документацию и т. д. Контроль производится по ряду параметров, среди которых: *визуальный и инструментальный контроль* геометрии продукции, соответствие отгрузочным документам, наличие дефектов и др. С входного контроля начинается формирование качества изделия при производстве на данном предприятии.

Операционный контроль или межоперационный контроль проводится на различных стадиях производственного процесса изготовления изделия. Назначение и порядок его проведения определяется технологической документацией - маршрутными и операционными картами.

Приёмочный контроль состоит в проверке готовых изделий и наиболее ответственных узлов. Контролю подвергаются: взаимное расположение элементов изделия, качество выполненных соединений (сила и момент затяжки резьбовых соединений, качество пригонки стыкуемых поверхностей и др.), правильность постановки и наличие деталей в соединениях, масса узлов и изделия в целом, уравновешенность вращающихся частей изделия и т.д.

Непрерывный и периодический контроль состоит либо в непрерывной проверке соответствия контролируемых параметров нормам точности либо соответственно в периодической проверке через установленные интервалы времени.

В произвольные моменты времени могут проводить **летучий контроль**.

Контроль осуществляется сверху донизу, объекты *государственной, региональной и международной* значимости подвергаются государственному контролю (надзору). Это относится, например, к объектам, на которые распространяются требования технических регламентов, к государственному надзору за измерительной техникой, к надзору за применением законодательно установленной системы единиц физических величин и др.

Другой уровень - *инспекционный контроль*, он может быть *ведомственный, межведомственный, вневедомственный*.

Далее - *контроль на производстве, контроль отделом технического контроля (ОТК) предприятия, цеховой контроль мастером и личный контроль на рабочем месте*.

В зависимости от места проведения различают *подвижный и стационарный контроль*.

Большинство видов контроля проводится непосредственно на рабочих местах: у станка, на производственных участках, в цехах и т.п., такой контроль называют **подвижным**. Однако, осуществить такой контроль не всегда возможно, т.к. возникает необходимость применения специальных средств контроля, требующих отдельно расположенных контрольных участков, стендов, лабораторий, а иногда отдельно стоящих сооружений, как например радиационный контроль, такой контроль называют **стационарным**.

Объектами контроля являются: производимая продукция; техническая, товарная и сопроводительная документация; параметры технологического процесса; средства технологического оснащения; документация по прохождению рекламаций; правила соблюдения условий эксплуатации, а также технологическая дисциплина и квалификация исполнителей.

В зависимости от объёма производства отличают *однократный и многократный контроль*.

По способу отбора изделий, подвергаемых контролю, отличают *сплошной и выборочный контроль*. Сплошной (сто процентный) контроль всех без исключения изготовленных изделий применяется при индивидуальном и мелкосерийном производстве.

При крупносерийном и массовом производстве применяются *статистические методы контроля*.

3.9. Измерение и контроль параметров изделий

3.9.1. Выполнение измерений и контроля

Основным требованием при проведении контроля в процессе производства продукции является *обеспечение точности*. Точность измерения зависит от множества факторов, главными из которых являются: *предельные погрешности* применяемых средств измерения и контроля, *метрологические принципы* их конструктивного исполнения, *точность принятых методов* измерения, влияние внешних факторов.

Большое значение имеет разработка и принятие *методики измерения и контроля*. Под методикой выполнения измерений понимают совокупность методов, средств, процедур, условий подготовки и проведения измерений, а также *правил обработки* экспериментальных данных при выполнении конкретных измерений.

Измерения должны осуществляться в соответствии с *аттестованными в установленном порядке методиками*. Разработка методик выполнения измерений должна включать:

- анализ технических требований к точности объекта измерений;
- определение необходимых условий проведения измерений;
- выбор средств измерений;
- разработку средств дополнительного метрологического оснащения;
- испытание средств измерения и контроля;
- планирование процессов измерения и контроля;
- разработку и выбор алгоритма обработки результатов наблюдений;
- разработку правил оформления и представления результатов измерения.

Нормативно-техническими документами, регламентирующими методику выполнения измерений, являются:

ГОСТы и методические указания по методикам выполнения измерений. Стандарты разрабатываются в том случае, если применяемые средства измерений внесены в Государственный реестр средств измерений; отраслевые методики выполнения измерений, используемые в одной отрасли; стандарты предприятий на методики выполнения измерений, используемые на данном предприятии. В методиках выполнения измерений предусматриваются: нормы точности измерений; функциональные особенности измеряемой величины; необходимость автоматизация измерений; применение программного обеспечения для обработки данных и др.

Методики выполнения измерений перед их вводом в действие должны быть *аттестованы или стандартизованы*.

Аттестацию методик выполнения измерений проводят государственные и ведомственные метрологические службы. При этом государственные метрологические службы проводят аттестацию методик особо точных, ответственных измерений.

Стандартизация методик применяется для измерений, широко применяемых на предприятиях. Методики выполнения измерений периодически пересматриваются с целью их усовершенствования.

3.9.2. Выбор средств измерений и контроля

Выбор средств измерения и контроля предусматривает решение вопросов, связанных:

- с выбором организационно-технических форм контроля,
- целесообразности контроля данных параметров,
- производительности этих средств.

Одну и ту же метрологическую задачу можно решить с помощью различных измерительных средств, имеющих разную стоимость и разные метрологические характеристики. Совокупность метрологических, эксплуатационных и экономических показателей должна рассматриваться во взаимной связи.

Метрологическими показателями, которые в первую очередь необходимо учитывать, являются: *предельная погрешность, цена деления шкалы, измерительное усилие, пределы измерения.*

Эксплуатационными и экономическими показателям являются: стоимость и надежность измерительных средств, продолжительность работы до ремонта, время, затрачиваемое на настройку и процесс измерения, масса, габаритные размеры и др.

В большинстве случаев, чем выше требуемая точность средства измерения, тем оно массивнее и дороже, тем выше требования, предъявляемые к условиям его использования.

3.9.3 Точность средств измерения и контроля

Точность средств измерения и контроля оказывает влияние на использование табличного допуска T на изготовление детали, как бы уменьшая его (рис. 3.1,а). Если представить, что измерительное средство - идеально, т.е. не имеет погрешностей и настроено на границы поля допуска E_1 и E_2 , то допуск T оставался бы постоянным.

В действительности всегда возникает метрологическая погрешность измерения $\pm \Delta_{\text{мет}}$, поэтому во избежание пропуска бракованной детали и признание её ошибочно годной, необходимо уменьшить допуск T до значения технологического допуска $T_r = T - 4\Delta_{\text{мет}}$ (рис. 3.2,б). Вариант, соответствующий настройке прибора на предельное значение погрешности $\Delta_{\text{мет}}$, т. е. на границы поля допуска E'_1 и E'_2 , уменьшает производственный допуск и, следовательно, увеличивает стоимость изготовления изделия. Снижение стоимости изготовления может быть достигнуто либо путём уменьшения метрологической погрешности $\Delta_{\text{мет}}$, либо путём смещения настройки, т.е. установления приемочных границ вне поля допуска (рис.

3.1,г). Таким образом, допуск расширится до гарантированного значения T_r . Действительное сочетание погрешностей измерения и измеряемого параметра является событием случайным.

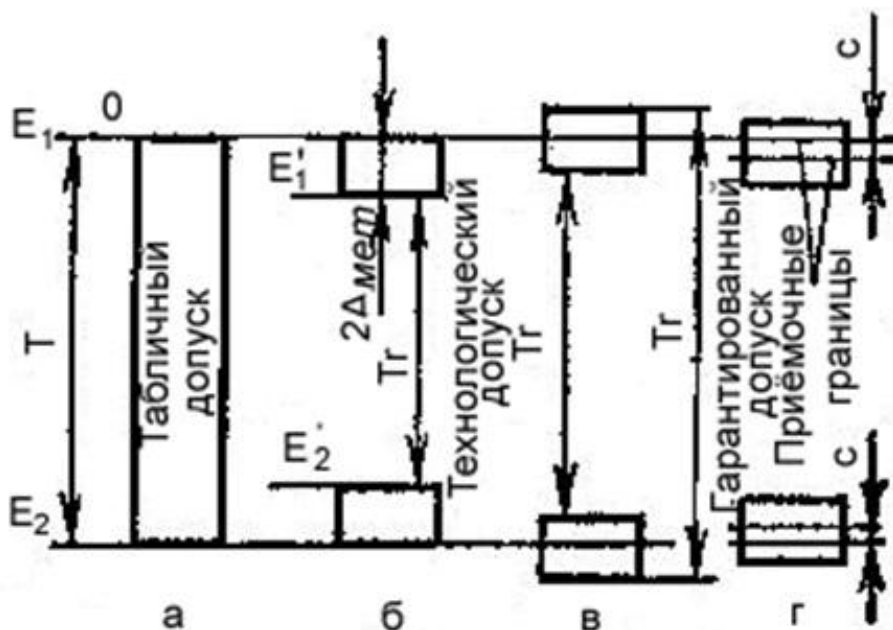


Рис. 3.1. Варианты расположения приёмочных границ по отношению к полю допуска

Предполагая, что обе составляющих подчиняются закону нормального распределения можно записать $T = \sqrt{T_r^2 + \Delta_{мет}^2}$.

Анализ этих зависимостей показывает, что если $\Delta_{мет}/T = 0,1$, то практически весь допуск отводится на компенсацию технологических погрешностей, так как при этом $T_r/T = 0,9 \div 0,995$. Если принять $T_r/T = 0,4$, то и в этом случае на компенсацию технологических погрешностей можно выделить $(0,6 \div 0,917)T$.

Согласно ГОСТ 8.051-81 пределы допускаемых погрешностей измерения для диапазона $1 \div 500\text{мм}$ колеблются от 20% (для грубых квалитетов) до 35% табличного допуска.

Стандартизованные погрешности измерения включают как случайные, так и систематические погрешности средств измерения, в том числе установочных мер, элементов базирования и др. Они являются предельно допустимыми суммарными погрешностями.

На практике экономически целесообразно принимать случайные погрешности приблизительно 0,1 от табличного допуска. Следовательно, точность средства измерения должна быть на порядок выше точности контролируемого параметра изделия. Повышение точности изготовления изделий с целью обеспечения требуемого уровня качества вызывает необходимость создания средств измерения со значительно большей точностью измерения, т.е. должен действовать *принцип опережающего повышения точности средств измерения* по сравнению с точностью средств изготовления.

Другим вариантом расположения предельной погрешности изменения относительно предельного размера изделия является симметричное расположение (рис. 3.1,в). Однако при таком расположении существует, хотя и не большой, риск того, что бракованные изделия могут быть ошибочно признаны годными, а годные изделия будут признаны браком. При необходимости уменьшения риска попадания бракованных изделий к потребителю, приемочные границы смещают внутрь поля допуска изделия на величину s (рис. 3.1,г).

Смещение приёмочных границ можно принять равным $s = \Delta_{\text{мет}}/2$, если же точность технологического процесса известна, то s подлежит расчёту. Допускаемая погрешность измерения зависит от допуска на изготовление изделия и, следовательно, учитывается при выборе измерительного средства. Допускаемые погрешности измерения для квалитетов $IT2 \div IT17$ и диапазона размеров от 1 до 500 мм даны в ГОСТ 8.051-81.

Относительная погрешность измерения выразится формулой:

$$A_{\text{мет}}(\sigma) = \sigma_{\text{мет}}/T,$$

где $\sigma_{\text{мет}}$ – среднее квадратическое отклонение погрешности измерения.

Влияние погрешностей измерения при приемочном контроле по линейным размерам можно оценить параметрами m , n и s (рис.3.2), здесь:

m - часть измеренных деталей, имеющих размеры, выходящие за предельные размеры, но принятых в числе годных (неправильно принятые);

n - часть деталей, имеющих размеры, не превышающие предельные размеры, но забракованных (неправильно забракованные);

s - вероятностная предельная величина выхода размера за предельные размеры у неправильно принятых деталей.

На рис. 3.2 представлены кривые распределения размеров деталей ($Y_{\text{тех}}$) и погрешностей измерения ($Y_{\text{мет}}$), причем центр распределения погрешностей измерения совпадает с границами допуска.

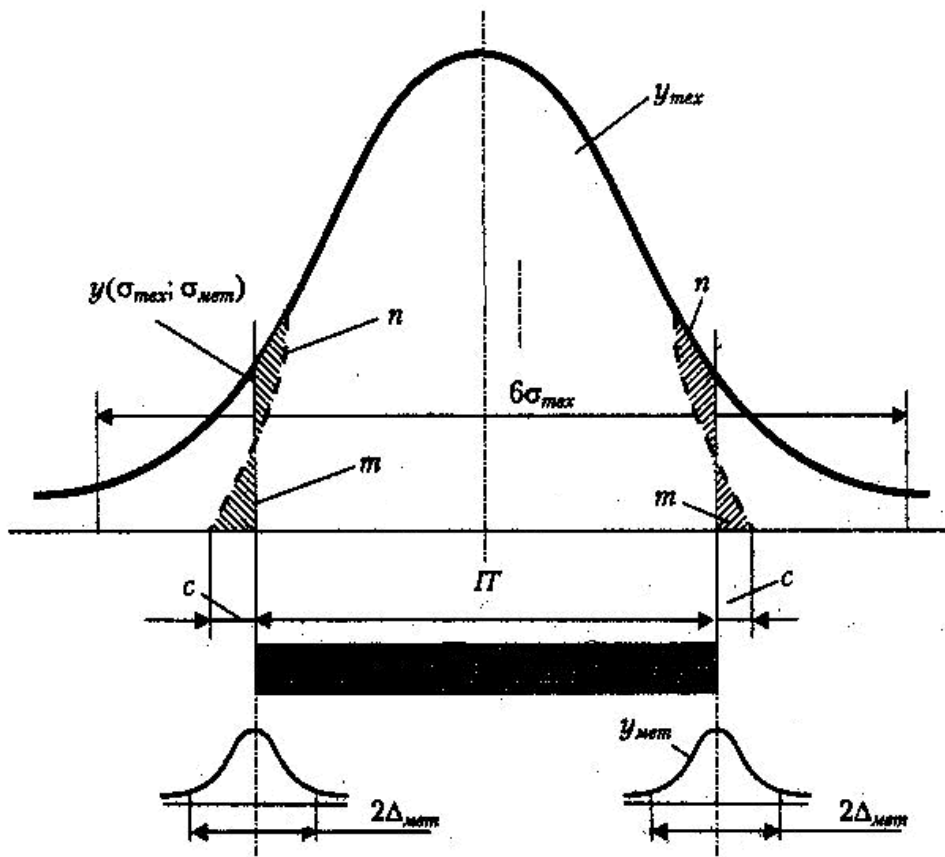


Рис. 3.2. Кривые распределения контролируемых параметров, с учётом погрешностей измерения

Наложение кривых $Y_{\text{мет}}$ и $Y_{\text{тех}}$ вызывает искажение кривой распределения $Y(\sigma_{\text{мет}}, \sigma_{\text{тех}})$, в результате этого появляются области вероятностей m и n , обуславливающие выход размера за границу допуска на величину c . Большее отношение $\Delta_{\text{мет}}/T$, означающее более точный технологический процесс, приводит к меньшему числу неправильно принятых деталей по сравнению с неправильно забракованными, так как $m/n = 0,1 \div 1,1$. Наибольшее смещение c находится в пределах $(1,5 \div 1,73)\sigma_{\text{мет}}$.

Параметры m , n и c можно определить по табл. 3.1, при этом рекомендуется принимать для квалитетов $IT2 \div IT7$ $A_{\text{мет}}(\sigma) = 0,16$, для квалитетов $IT8, IT9$ $A_{\text{мет}}(\sigma) = 0,12$, для квалитета $IT10$ и грубее $A_{\text{мет}}(\sigma) = 0,1$. В таблице 3.1 первый ряд значений m , n и c соответствует закону нормального распределения погрешности измерения, второй ряд – закону равной вероятности.

При неизвестном законе распределения погрешности измерения значения m , n и c можно определять как среднее из значений 1-го и 2-го рядов. Предельные значения параметров m , n и c/T учитывают влияние только случайной составляющей погрешности измерения. Значения m , n и c даются в литературе также в виде номограмм.

ГОСТ 8.051-81 предусматривает два способа установления приемочных границ первый способ – приемочные границы устанавливаются совпадающими с предельными размерами, второй способ – приемочные границы смещают внутрь относительно предельных размеров.

Таблица 3.1. Значения относительной погрешности измерения для разных законов распределения

$A_{\text{мет}} (\sigma)$	m	n	c/T	$A_{\text{мет}} (\sigma)$	m	n	c/T
1,60	0,37 – 0,39	0,70 – 0,75	0,01	10,0	3,10 – 3,50	4,50 – 4,75	0,14
3,0	0,87 – 0,90	1,20 – 1,30	0,03	12,0	3,75 – 4,11	5,40 – 5,80	0,17
5,0	1,60 – 1,70	2,00 – 2,25	0,06	16,0	5,00 – 5,40	7,80 – 8,25	0,25
8,0	2,60 – 2,80	3,40 – 3,70	0,10				

Рассмотрим примеры выбора точности средств измерения.

Пример 1. Определить необходимую точность средств измерения при контроле изготавливаемых валов $\varnothing 100\ h6$ ($-0,022$), а также значения статистических параметров m , n и c . Приемочные границы устанавливаются совпадающими с предельными размерами.

Допускаемая погрешность измерения согласно ГОСТ 8.051- 81 составляет $\Delta_{\text{мет}} = 6$ мкм для $A_{\text{мет}}(\sigma) = 16\%$ (квалитет $IT6$). По табл. 3.1 – число бракованных деталей, принятых как годные $m = 5,2\%$, число неправильно забракованных годных деталей $n = 8\%$, при этом $c = 5,5\%$. Общее рассеяние погрешности измерения бракованных деталей, принятых как годные, находится в интервале от $-27,5$ до $+5,5$ мкм (см. рис. 3.1,в), т.е. среди годных деталей может оказаться до $5,2\%$ неправильно принятых деталей с предельными отклонениями $+0,0055$ и $-0,0275$ мм.

Пример 2. Если снижение точности из-за погрешностей измерения является недопустимым, приемочные границы смещают внутрь допуска на величину c (см. рис. 3.1,г).

При введении производственного допуска могут быть два варианта в зависимости от того, известна или неизвестна точность технологического процесса. В первом варианте при назначении предельных размеров точность

технологического процесса неизвестна. В соответствии с ГОСТ 8.051-81 предельные размеры изменяются на половину допускаемой погрешности измерения для рассмотренного примера, $\varnothing 100_{-0,019}^{-0,003}$. Во втором варианте при назначении предельных размеров точность технологического процесса известна. В этом случае предельные размеры уменьшают на значение параметра c .

Предположим, что для рассмотренного выше примера $T/\sigma_{\text{мех}} = 4$ (при изготовлении имеется 4,5% брака по обеим границам): $A_{\text{мет}}(\sigma) = 16\%$; $c/T = 0,1$; $c = 22$ мкм. Точностные требования к размеру вала с учетом этих данных будут следующие $\varnothing 100_{-0,020}^{-0,002}$.

3.9.4. Обработка результатов измерений

Обработка результатов измерений *статистическими методами* применяется на практике для решения следующих задач:

- определение погрешности средств измерений;
- определение соответствия параметров технологического процесса заданной точности изделия;
- установление технологического допуска при обработке;
- определение точностных характеристик установочных и выборочных партий деталей, с целью контроля и управления качеством продукции;
- установление рассеяния показателей качества однотипных изделий и др.

Результаты измерений получаются путём соответствующей обработки *результатов наблюдений*, показаний полученных с помощью средств измерений.

При этом вводятся следующие понятия:

- *результат наблюдения* - значение величины отсчёта показаний средства измерений, полученное при отдельном измерении;
- *результат измерения* - значение величины, полученное после обработки результатов наблюдений.

При изготовлении партии деталей неизбежно происходит *рассеяние* их геометрических и физико-механических параметров. Поэтому результаты измерения параметров каждой отдельной детали являются *случайными величинами*. То же самое происходит при многократном измерении одной детали с помощью конкретного средства измерений.

При изготовлении и проведении измерений возникают *систематические и случайные погрешности*.

Систематическими называют погрешности, постоянные по величине и знаку или изменяющиеся по определенному закону в зависимости от действия определённых заранее предсказуемых причин.

Систематические погрешности возникают, например, из-за: неточной настройки оборудования, погрешностей измерительного прибора, отклонения рабочей температуры от нормальной (в т.ч. субъективных действий оператора), силовых деформаций, и др.

Систематические погрешности измерения могут быть полностью или частично устранены, например, при помощи поправочной таблицы к неправильно градуированной шкале прибора или путем определения средней арифметической величины из нескольких отсчетов в противоположащих положениях, например, при измерении шага и половины угла профиля резьбы, коррекции неправильных действий оператора (влияние на температуру дыхания или прикосновения, превышение усилий).

Случайными называют переменные по величине и знаку погрешности, которые возникают при изготовлении или измерении и принимают то или иное числовое значение в зависимости от ряда случайно действующих причин.

Характерным признаком случайных погрешностей является *вариация значений*, принимаемых ими в повторных опытах.

Эти погрешности вызываются *множеством изменяющихся случайным образом факторов* таких, как: неточности элементов средства измерения, припуск на обработку, механические свойства материала, сила резания, измерительная сила, различная точность установки деталей на измерительную позицию и другие, причем в общем случае *ни один из этих факторов не является доминирующим*.

Погрешности изготовления и измерения являются случайными величинами. Примеры случайных величин: размеры деталей при обработке, зазоры в подвижных соединениях, результаты повторных измерений одной и той же величины и т.п.

Случайные погрешности трудно устранить, поэтому их влияние учитывают при назначении **допуска** на размер или на какой-либо другой параметр.

Появление того или иного числового значения случайной величины в результате измерений рассматривается как случайное событие. То же самое происходит при проведении, каких либо испытаний продукции, например, для установления его показателей качества.

Отношение числа n случаев появления случайной величины или события A к числу N всех произведенных испытаний, при которых это событие могло появиться, называют *частотой*, или *относительной частотой* $W(A) = n/N$.

При достаточно большом числе испытаний N обнаруживается устойчивость значения указанного отношения для большинства случайных событий. Величина $W(A)$ для события A будет колебаться около некоторого постоянного числа, равного единице. Это число, всегда меньшее единицы, называют *вероятностью* $P(A)$ появления события A , т. е. $P(A)$ является мерой объективной возможности появления события A .

Вероятность достоверного события равна единице, невозможного события – нулю.

За приближенное значение вероятности $P(A)$ события A при достаточном числе испытаний можно принимать частоту:

$$P(A) \approx n/N \quad (3.1)$$

Частота $W(A)$ отличается от вероятности $P(A)$ тем, что представляет собой случайную величину, которая в различных сериях однотипных испытаний может принимать в зависимости от случайных факторов различные значения, тогда как вероятность $P(A)$ представляет постоянное для каждого данного события число, определяющее в среднем частоту его появления в опытах.

По мере увеличения N частота приближается к вероятности.

Зависимость между числовыми значениями случайной величины и вероятностью их появления устанавливается законом распределения вероятностей случайных величин. Закон распределения вероятностей дискретной случайной величины можно представить в виде таблицы или графика, показывающего, с какой вероятностью случайная величина X принимает то или иное числовое значение x_i .

Закон распределения вероятностей непрерывной случайной величины, которая может принимать любое значение в пределах заданного интервала нельзя представить в виде таблицы.

Закон распределения представляют в виде дифференциальной функции распределения или плотности распределения вероятности $p_X(x)$. Эта функция представляет собой предел отношения вероятности того, что случайная величина X примет значение, лежащее в интервале от x до $x + \Delta_x$, к величине интервала Δ_x , при Δ_x , стремящемся к нулю.

Характер рассеяния достаточно большой совокупности значений случайной величины, как правило, соответствует определённому теоретическому закону распределения.

Рассеяние значений случайной величины, изменение которой зависит от большого числа факторов, когда ни один из факторов не имеет преобладающего влияния, подчиняется *закону нормального распределения вероятностей (закону Гаусса)*, показанного на рис 3.3.

Этому закону с некоторым приближением может подчиняться: рассеяние погрешностей многократных измерений; рассеяние погрешностей изготовления; погрешности измерения линейных и угловых размеров; массы деталей; величин твердости и других механических и физических величин.

Закон нормального распределения имеет следующие свойства:

вероятность появления положительных и отрицательных погрешностей одинакова;

малые по величине погрешности имеют большую вероятность появления, чем большие;

алгебраическая сумма отклонений от среднего значения равна нулю.

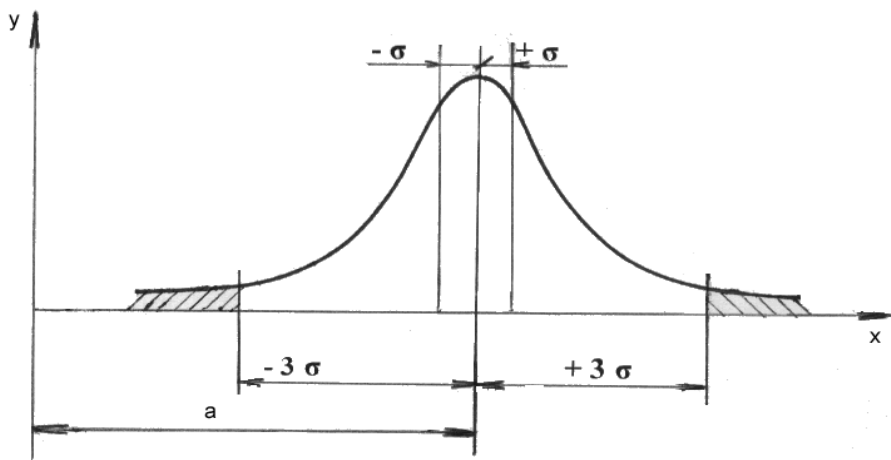


Рис. 3.3. Кривая плотности вероятности нормального распределения

Зависимость плотности вероятности определяется уравнением:

$$y = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(x-a)^2}{2\sigma^2}} \quad (3.2)$$

где a и σ – параметры распределения; x – аргумент функции плотности вероятности, т.е. случайная величина, изменяющаяся в пределах $-\infty < x < +\infty$; e – основание натуральных логарифмов. Нормальное распределение представляет собой кривую симметричную относительно оси ординат.

Величина a равна математическому ожиданию MX случайной величины X , определяемому по формулам:

для дискретной величины:

$$MX = \sum_{i=1}^k x_i \cdot p(x_i) \quad (3.3),$$

где x_i – возможное значение дискретной случайной величины; $p(x_i)$ – вероятность значения x_i дискретной случайной величины;

для непрерывных величин:

$$MX = \int_{-\infty}^{+\infty} x p_x(x) dx \quad (3.4),$$

где $p_x(x)$ – плотность вероятности непрерывной случайной величины X . Значение MX характеризует положение центра группирования случайных величин, около которого располагаются, например, размеры большинства деталей в партии.

При отсутствии систематических погрешностей в результатах многократных измерений одной и той же величины в одних и тех же условиях,

математическое ожидание можно рассматривать как наибольшее приближение к истинному значению измеряемой величины.

При анализе характера рассеяния размеров деталей, обрабатываемых на станке, математическое ожидание можно рассматривать как размер, на который был настроен станок.

Величину рассеяния значений случайной величины относительно центра группирования определяет параметр, σ который называют *средним квадратическим отклонением случайной величины*, его определяют по формулам:

для дискретной величины

$$\sigma_x = \sqrt{\sum_{i=1}^k (x_i - MX)^2 p(x_i)} \quad (3.5)$$

для непрерывной величины

$$\sigma_x = \sqrt{\int_{-\infty}^{+\infty} (x - MX)^2 p_x(x) dx} \quad (3.6)$$

Рассеяние случайных величин характеризуется также дисперсией $DX = \sigma^2 X$. Формула (3.2) выражает уравнение кривой, если начало отсчета расположено на оси x произвольно. При совпадении центра группирования с началом отсчета величины x уравнение кривой нормального распределения будет иметь вид

$$y = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{x^2}{2\sigma^2}} \quad (3.7)$$

В тоже время существуют другие законы распределения, описывающие случайные величины, природа возникновения которых имеет несколько иной характер.

В рассматриваемом случае необходимо упомянуть *закон Максвелла*, которому подчиняются *существенно положительные величины*, например: рассеяние значений эксцентриситета, радиальное и торцевое биения, отклонения от соосности, дисбаланс и другие величин, которые не могут принимать отрицательные значения.

Для оценки надёжности работы изделий используют *закон Вейбулла*, который даёт представление о вероятности отказов.

Получили распространение также *закон Симпсона* или *закон треугольника* и *закон равной вероятности*.

Однако, для обработки результатов наблюдений в основном применяют *закон нормального распределения - закон Гаусса*.

Вероятность попадания величины в заданный интервал можно определить следующим образом. Ветви теоретической кривой нормального распределения (рис. 3.3) уходят в бесконечность, асимптотически

приближаясь к оси абсцисс. Площадь, ограничиваемая кривой и осью абсцисс, равна вероятности того, что случайная величина, например, погрешность размера, лежит в интервале $\pm\infty$. Площадь под кривой распределения равна 1 или 100%, она определяется интегралом

$$\frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{+\infty} e^{-\frac{x^2}{2\sigma^2}} \cdot dx = 1 \quad (3.8)$$

Начало координат расположено в точке, совпадающей с центром группирования. Так как подынтегральная функция четная и кривая симметрична относительно максимальной ординаты, можно записать

$$\frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \int_0^{+\infty} e^{-\frac{x^2}{2\sigma^2}} \cdot dx = 0,5 \quad (3.9)$$

Для выражения случайной величины x в долях ее σ примем: $x/\sigma = z$, откуда $x = \sigma z$, $dx = \sigma dz$. В этом случае абсцисса на рис. 3.3 будет выражена в долях σ . Если принять за пределы интегрирования 0 и z , то интеграл в выражении (3.8) будет функцией z , т.е.

$$\Phi_0(z) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_0^z e^{-\frac{z^2}{2}} dz \quad (3.10)$$

Функцию $\Phi_0(z)$ называют нормированной функцией Лапласа: $\Phi_0(0) = 0$; $\Phi_0(-z) = -\Phi_0(z)$; $\Phi_0(-\infty) = -0,5$; $\Phi_0(+\infty) = 0,5$.

Из формулы (3.9) и рис. 3.4 следует, что площадь, ограниченная отрезком $-z_1 + z_1$ оси абсцисс, кривой плотности вероятности и двумя ординатами, соответствующими границам отрезка, представляет собой вероятность попадания случайной величины z_1 , в данный интервал.

Данные для функции $\Phi_0(z)$ приводятся в справочниках. Пользуясь этими данными можно определить вероятность того, что случайная величина x , выраженная через σ , будет находиться в пределах того или иного интервала $\pm z_1\sigma$. Например, находим, при $z_1 = 3$, что соответствует случайной величине $x = 3\sigma$, $\Phi_0(3) = 0,49865$ или $\Phi_0(-3) - \Phi_0(3) = 2\Phi_0(3) = 0,9973$.

Так как площадь, ограниченная кривой Гаусса и осью абсцисс, равна 1, то площадь, лежащая за пределами значений $x = \pm 3\sigma$, равна $1 - 0,9973 = 0,0027$ и расположена симметрично по 0,00135 или по 0,135% справа и слева относительно оси y (см. рис. 3.4).

Следовательно, с вероятностью, близкой к единице, можно утверждать, что случайная величина X не будет выходить за пределы $\pm 3\sigma$. Поэтому при распределении случайной величины по закону Гаусса поле рассеяния, равно $V_{lim} = 6\sigma$ или *диапазон $\pm 3\sigma$ считают за практически предельное поле рассеяния случайной величины и принимают за норму точности – допуск*. При этом вероятность выхода случайной величины за пределы значений $\pm 3\sigma$ равна 0,0027 или 0,27%.

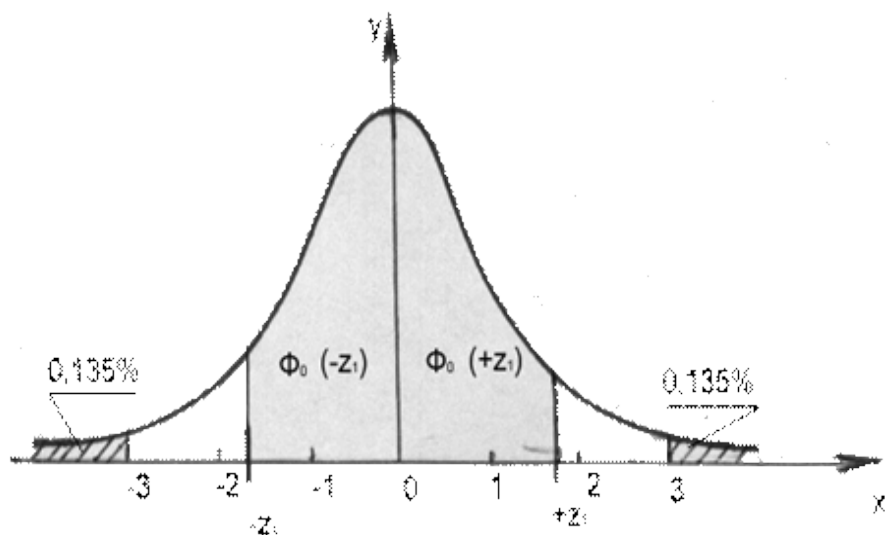


Рис. 3.4 Кривая нормального распределения и иллюстрация подынтегральных функций

В условиях производства из-за ограниченности числа измерений при обработке вместо математического ожидания и дисперсии получают их приближенные статистические оценки - соответственно эмпирическое среднее $\bar{x}$ и эмпирическую дисперсию S^2 , характеризующие средний результат измерений и степень рассеяния результатов. Эти оценки определяют по формулам:

$$\bar{x} = \frac{x_1 n_1 + x_2 n_2 + \dots + x_k n_k}{n_1 + n_2 + \dots + n_k} = \sum_{i=1}^k x_i \frac{n_i}{N} \quad (3.11)$$

$$s \approx \sqrt{\sum_{i=1}^k (x_i - \bar{x})^2 \frac{n_i}{N}} \quad (3.12)$$

В этих выражениях x_i – значение, соответствующее середине i -го интервала, а k – число интервалов. Чем меньше величина s , тем выше точность процесса изготовления или измерения, т. е. тем меньше величины случайных погрешностей. Поэтому параметр s используют в качестве меры точности процесса изготовления или при повторных измерениях одной и той же величины в качестве меры точности метода измерения.

3.9.5. Примеры обработки результатов измерений

Если совокупность случайных величин, подчиняется закону нормального распределения или закону близкому к нормальному, то применяя соответствующие критерии, можно установить, что рассматриваемое эмпирическое распределение наилучшим образом соответствует именно этому закону.

При контроле партии деталей по какому-либо размеру или при многократном измерении одной детали по какому-либо размеру мы встречаемся со случаем, когда результаты наблюдений представляют собой совокупность значений дискретной случайной величины, т. е. совокупность действительных значений размера или значений погрешностей размера.

Рассмотрим примеры обработки результатов наблюдений.

Методику статистической обработки результатов наблюдений рассмотрим на примере измерения дискретных размеров валов Ø12 h10 (-0,07), обработанных на токарном станке. Размер выборки из генеральной совокупности (объём всей партии) примем равным $N = 200$. Измерения проводим на приборах типа длинномер или оптиметр с ценой деления 0,001 мм.

Анализируя результаты наблюдений, приходим к выводу, что среди них встречаются значения существенно отличающиеся от большинства результатов, они являются *промахами или грубыми ошибками*. Такие наблюдения, могут быть вызваны невнимательностью контролера, попаданием в выборку посторонних деталей, а также другими причинами, нарушающими нормальные условия получения опытных данных. Следует иметь в виду, что эти наблюдения *визуально резко отличаются от среднего* результата для данной выборки. При наличии промахов причины их должны быть проанализированы и устранены.

* Наблюдение, которое является промахом, *исключают из совокупности*, а остающиеся наблюдения снова обрабатывают и получают новые значения, $\bar{x}$ и s , после чего проводят дальнейший анализ результатов и исключают *при необходимости* другие промахи, пользуясь критериями Колмогорова, Ирвина или другими. При предварительных расчетах исключают погрешности, т.е. отклонения от $\bar{x}$, превосходящие по абсолютной величине 3σ .

Полученные после предварительного анализа результаты наблюдения располагаем в возрастающем порядке, тем самым образуем *вариационный ряд*. Находим из всего числа наблюдений максимальное и минимальное значения $d_{\max}$ и $d_{\min}$, находим размах.

В нашем примере минимальное значение наблюдаемого размера равно 11,915 мм, а максимальное равно 12,005 мм, тогда размах R , равный разности полученных предельных значений, равен: $R = d_{\max} - d_{\min} = 12,005 - 11,915 = 0,09$ мм.

Далее вариационный ряд разбиваем на k интервалов. Число интервалов k в определённой степени зависит от объёма выборки N и может быть принято по следующим рекомендациям: $5 < k < 7$, при $N < 40$; $7 < k < 9$, при $40 < N < 100$; $9 < k < 12$, при $100 < N < 500$, кроме того при небольшом числе интервалов удобным выбирать нечётное k . Из представленных рекомендаций видно, что значения существенно перекрываются и выбор числа интервалов не является определяющим, таким образом рекомендации носят ориентировочный характер.

Примем $k = 9$, тогда величина интервала равна $R/k = 0,09/9 = 0,01$ мм, а половина интервала равна $0,5R/k = 0,005$ мм. Находим значения середин интервалов и образуем *интервальный ряд*, для чего к $d_{\min}$ прибавим значение $0,5R/k$, к полученному значению прибавим снова $0,5R/k$ и так далее, получим в итоге $d_{\max} - 0,5R/k$, т.е. 12,000 мм.

Далее находим количество наблюдений попавших в каждый из интервалов, например, в интервал 11,935÷11,945 попало 20 результатов; в интервал 11,975÷11,985 попало 12 результатов наблюдений и т.д. Следует иметь в виду, что значения, попавшие на границу интервала, включают в левый интервал.

Число наблюдений, попавших в данный интервал, называют *частотой*.

Порядок обработки результатов и пример оформления расчётов приведён в таблице 3.4. Значения $\bar{x}$ и s определяются по формулам 3.11 и 3.12.

$$\bar{x} = (11,920 \cdot 2 + 11,930 \cdot 6 + \dots + 12,000 \cdot 2) / 200 = 11,960 \text{ мм}$$

$$s = \sqrt{(-0,04)^2 \cdot 0,01 + (-0,03)^2 \cdot 0,03 + \dots + (+0,04)^2 \cdot 0,01} \approx 0,015 \text{ мм}$$

Таблица 3.4. Пример обработки результатов измерения

Интервалы действительных размеров d_i , мм	Среднее значение x_i интервала, мм	Число n_i деталей в интервале	Отклонение от среднего значения $v_i = x_i - \bar{x}$, мм	Частость n_i/N
От 11,915 до 11,925	11,920	2	-0,04	0,01
Св.11,925 » 11,935	11,930	6	-0,03	0,03
» 11,935 » 11,945	11,940	20	-0,02	0,10
» 11,945 » 11,955	11,950	48	-0,01	0,24
» 11,955 » 11,965	11,960	56	0,00	0,28
» 11,965 » 11,975	11,970	34	+0,01	0,17
» 11,975 » 11,985	11,980	20	+0,02	0,10
» 11,985 » 11,995	11,990	12	+0,03	0,06
» 11,995 » 12,005	12,000	2	+0,04	0,01
$\bar{x} = 11,96$	—	$N = 200$	$\sum_i v_i = \begin{bmatrix} +0,10 \\ -0,10 \end{bmatrix} = 0$	$\sum_i \frac{n_i}{N} = 1$

Характер рассеяния значений случайной величины, которой в рассматриваемом примере является действительный размер вала, более наглядно определяется *гистограммой*, состоящей из прямоугольников, высота которых равна частоте, а основание величине интервала.



Рис. 3.5. Гистограмма и полигон распределения случайной величины

Рассеяние определяется также эмпирической кривой распределения, которую называют *полигоном распределения* (рис. 3.5). Графическое представление результатов при ручной обработке удобно выполнять на миллиметровой бумаге. По оси абсцисс откладывают интервалы действительных размеров валов, а по оси ординат - высоты прямоугольников равные частотам.

Расстояния по оси абсцисс и по оси ординат для лучшей наглядности рекомендуется откладывать в отношении равном $0,8 \div 1,0$. На рис. 3.5 представлены полигон и гистограмма распределения размеров валов, также расположение поля допуска отражающего требования к точности по чертежу, как можно видеть эмпирические результаты несколько не совпадают с требованиями технической документации, что в принципе так и должно быть. Например, несовпадение координаты середины поля допуска с эмпирическим центром группирования равно $0,005$ мм, а размах превышает допуск на величину равную $0,09 \div 0,07 = 0,02$ мм. Для заключения о годности партии необходимо провести анализ полученных результатов по следующим признакам:

- соответствие эмпирического распределения закону нормального распределения;
- оценка доверительных вероятностей эмпирических параметров;
- установление технологических допусков.

Анализ результатов измерения случайных величин становится возможным, если знать, какому теоретическому закону распределения вероятностей случайной величины соответствует эмпирическое распределение.

Исходя из формы эмпирической кривой, и из значений эмпирических параметров выдвигается гипотеза о соответствии ее тому или иному теоретическому закону распределения.

Следует иметь в виду важность графического представления формы эмпирической кривой, на которую влияют, кроме всего прочего, выбор числа интервалов и соотношение значений по осям абсцисс и ординат.

Соответствие эмпирического распределения предполагаемому теоретическому распределению устанавливается на основании критериев χ^2 по ГОСТ 11.006-74, например критерия Колмогорова.

Сравнение характеристик эмпирического и теоретического распределений проводят следующим образом. Рассматривают значения параметров эмпирического и принятого теоретического распределений. Параметры $\bar{x}$ и s , определённые по данным выборки, дают лишь приближенную характеристику точности генеральной совокупности исследуемых объектов. Характеристикой рассеяния значений случайной величины в генеральной совокупности служат математическое ожидание MX и среднее квадратическое отклонение σ .

Между вероятностными характеристиками MX и σ и эмпирическими значениями $\bar{x}$ и s различия заключаются в том, что первые рассматриваются

как постоянные неизвестные величины, характеризующие распределение генеральной совокупности, а вторые, являются случайными величинами, определенными из выборочной совокупности и дают лишь приближенную оценку MX и σ .

С увеличением объема выборки и числа наблюдений, разница между MX и $\bar{x}$, а также между σ и s уменьшается.

Обработка результатов наблюдений выборки заданного объема, позволяет установить границы, внутри которых с определенной, вероятностью, будут находиться значения параметров генеральной совокупности.

Степень этого доверия или так называемый *доверительный интервал* выбирают исходя из технических требований на показатели качества функционирования изделия.

Границы доверительного интервала определяют *доверительную вероятность*, которая характеризует надёжность принятого результата.

Для нормального распределения таким доверительным интервалом, например, для математического ожидания MX будет интервал, имеющий границы MX равные $\pm 3\sigma_{\bar{x}}$, где $\sigma_{\bar{x}}$ – среднее квадратическое отклонение для распределения величин $\bar{x}$.

Так как $\sigma_{\bar{x}} = \frac{S_i}{\sqrt{N-1}}$, то границами доверительного интервала будут $\bar{X} \pm \frac{3}{\sqrt{N-1}} S_i$.

Из таблицы значений $\Phi_0(z)$ находим, что в границах $\pm z_1 = \pm 3\sigma$ лежит 99,73% всех значений случайной величины X , выраженной через z , так как $2\Phi_0(3) = 2 \cdot 0,49865 = 0,9973$. Таким образом, с надёжностью 0,9973 можно утверждать, что значение MX лежит в интервале $X \pm 3\sigma_{\bar{x}}$.

Так как x и s – случайные величины, то доверительные интервалы, как это следует из приведенного выше расчета, зависят от множителя, при $\sigma_{\bar{x}}$, который обозначим для общего случая через z .

Очевидно, надёжность того, что значение MX лежит в пределах $X \pm z\sigma_{\bar{x}}$, будет больше, чем 0,9973, если $z > 3$, и меньше, чем 0,9973, при $z < 3$.

Обычно задаются надёжностью, равной одной из следующих величин: 0,90; 0,95; 0,99; 0,999, что соответствует значениям z , равным 1,645; 1,96; 2,576 и 3,291.

Рассмотрим *пример*, примем, что рассмотренное выше распределение погрешностей изготовления валов являющееся выборкой объёмом $N = 200$ имеет нормальное распределение, тогда:

$$\sigma_{\bar{x}} = \frac{S_i}{\sqrt{N-1}} = \frac{0,015}{\sqrt{199}} \approx 0,001 \text{ мм.}$$

Доверительный интервал для MX определяют по формуле:

$$\bar{x} - z\sigma_{\bar{x}} < MX < \bar{x} + z\sigma_{\bar{x}}$$

Тогда с надёжностью 0,9 или 90% можно ожидать, что:

$11,96 - 1,645 \cdot 0,001 < MX < 11,96 + 1,645 \cdot 0,001$ или $11,958 < MX < 11,962$.

Для выборок, малых объемом, множитель x должен быть заменён множителем t_β , который находят по таблице 3.5 по распределению Стьюдента.

Значение t_β зависит от объема выборки, т. е. от $N - 1$ пользуясь этими таблицами, можно получить, например, что при $N = 20$ и надежности 0,9 коэффициент $t_\beta = 1,73$; при том же значении N и надежности 0,95; 0,99 и 0,999 величина t_β будет равна соответственно 2,09; 2,86; 3,88.

Выбор надёжности определяется объектом производства, например: для изделий общего назначения можно принять надёжность 0,9; для изделий повышенной надёжности - 0,95; для авиационной техники - 0,99; наконец - 0,999 или как говорят: "три девятки" для особо ответственных изделий, нарушение работоспособности которых представляет собой опасность для жизнедеятельности людей.

Таким образом, если бы значения $\bar{x} = 11,96$ и $s = 0,015$ были получены из выборки объемом 20 шт., а не 200 шт., как это было показано в предыдущем примере, то при заданной надежности 0,9 границы доверительного интервала были бы следующими:

$$\sigma_{\bar{x}} = \frac{S_i}{\sqrt{N-1}} = \frac{0,015}{\sqrt{199}} \approx 0,003 \text{ мм}$$

$11,96 - 1,73 \cdot 0,003 < MX < 11,96 + 1,73 \cdot 0,003$ или $11,955 < MX < 11,965$.

При надежности "три девятки" получили доверительный интервал значительно больший $11,96 - 3,88 \cdot 0,003 < MX < 11,96 + 3,88 \cdot 0,003$ или $11,948 < MX < 11,972$.

Таблица 3.5. Значение коэффициента Стьюдента при разной доверительной вероятности P

Число наблюдений	Значение коэффициента Стьюдента при доверительной вероятности P					Число наблюдений	Значение коэффициента Стьюдента при доверительной вероятности P				
	0,50	0,90	0,95	0,98	0,99		0,50	0,90	0,95	0,98	0,99
2	1,00	6,31	12,71	31,82	63,66	10	0,70	1,84	2,26	2,76	3,25
3	0,82	2,92	4,30	6,96	9,92	15	0,69	1,76	2,14	2,60	2,98
4	0,77	2,35	3,18	4,54	5,84	20	0,69	1,73	2,09	2,53	2,86
5	0,74	2,13	2,78	3,75	4,60	30	0,68	1,70	2,04	2,46	2,76
6	0,73	2,01	2,57	3,65	4,03	60	0,68	1,67	2,00	2,39	2,66
7	0,72	1,94	2,45	3,14	3,71	120	0,68	1,66	1,98	2,36	2,62
8	0,71	1,90	2,36	2,97	3,50	∞	0,67	1,65	1,96	2,33	2,58
9	0,71	1,86	2,31	2,90	3,36						

При уменьшении объема выборки и увеличении требуемой надежности величина доверительного интервала будет возрастать, т. е. границы возможных значений величины MX будут расширяться.

Аналогично могут быть определены доверительные интервалы для значения $\sigma_{\bar{X}}$.