

Министерство образования и науки Российской Федерации  
ФГАОУ ВО «Российский государственный  
профессионально-педагогический университет»

# **ОБЕСПЕЧЕНИЕ КАЧЕСТВА МАШИНОСТРОИТЕЛЬНОЙ ПРОДУКЦИИ**

**Учебное пособие**

Екатеринбург  
РГППУ  
2016

УДК 621:658.562:006(075.8)

ББК К4-7я73-1

О-13

Авторы:

Б. Н. Гузанов (введение, гл. 1, 2, заключение), М. Ю. Большакова (гл. 2),

Т. Б. Соколова (гл. 3), Г. Н. Мигачева (гл. 4)

О-13     **Обеспечение** качества машиностроительной продукции: учебное пособие / Б. Н. Гузанов [и др.]; под ред. Б. Н. Гузанова. Екатеринбург: Изд-во Рос. гос. проф.-пед. ун-та, 2016. 226 с.

ISBN 978-5-8050-0589-4

Комплексно с учетом межпредметных связей и общих понятий рассмотрены основные показатели оценки качества машиностроительной продукции, а также роль и место технических измерений, деятельности по стандартизации и нормированию параметров точности как основы обеспечения и рационального управления качеством выпускаемой продукции.

Пособие предназначено для студентов машиностроительных специальностей всех форм обучения, а также для будущих специалистов родственных специальностей.

УДК 621:658.562:006(075.8)

ББК К4-7я73-1

Рецензенты: доктор технических наук, профессор С. В. Смирнов (ФГБУН «Институт машиноведения УрО РАН»); доктор технических наук, профессор О. С. Лехов (ФГАОУ ВО «Российский государственный профессионально-педагогический университет»)

ISBN 978-5-8050-0589-4

© ФГАОУ ВО «Российский государственный профессионально-педагогический университет», 2016

## Оглавление

Введение .....	5
Глава 1. Показатели оценки качества машиностроительной продукции .....	10
1.1. Основные понятия и определения качества.....	12
1.2. Классификация показателей качества продукции.....	14
1.3. Этапы формирования качества продукции .....	21
1.4. Содержание и методы оценки уровня качества продукции.....	26
1.5. Статистические методы оценки уровня качества продукции.....	39
Вопросы и задания для самоконтроля .....	44
Глава 2. Метрологическое обеспечение оценки соответствия качества машиностроительной продукции.....	45
2.1. Основные понятия и определения метрологии .....	45
2.2. Основы законодательной метрологии .....	52
2.3. Метрологическое обеспечение производства.....	58
2.4. Средства измерений, их классификация, метрологические характеристики и выбор средств измерений .....	64
2.5. Виды и способы технических измерений и контроля.....	77
Вопросы и задания для самоконтроля .....	90
Глава 3. Система стандартизации и вопросы технического регулирования качества в машиностроении .....	91
3.1. Основные понятия и определения стандартизации .....	92
3.2. Теоретические основы и направления развития современной стандартизации.....	97
3.3. Общетеchnические системы и комплексы стандартов в условиях реформы технического регулирования.....	116
3.4. Эффективность работ по стандартизации .....	129
3.5. Информационное обеспечение работ по стандартизации .....	136
3.6. Особенности подтверждения соответствия в современных условиях.....	140
Вопросы и задания для самоконтроля .....	149

Глава 4. Точность измерений и качество машиностроительной про- дукции.....	151
4.1. Основы нормирования параметров точности .....	153
4.2. Единая система допусков и посадок для деталей с гладкой по- верхностью .....	162
4.3. Допуски точности формы и расположения поверхностей об- рабатываемых деталей.....	178
4.4. Качество поверхности и ее влияние на эксплуатационные ха- рактеристики деталей .....	197
4.5. Обеспечение точности размерных цепей .....	204
Вопросы и задания для самоконтроля .....	212
Заключение .....	214
Список используемой литературы.....	218

## Введение

В последнее время все чаще и чаще встречаются такие понятия, как «качество», «надежность», «конкурентоспособность» и «безопасность продукции». Идут разговоры о сертификации продукции, повсеместно в Российской Федерации требуется неукоснительное соблюдение федеральных законов по техническому регулированию и обеспечению единства измерений. Все это свидетельствует об изменении отношения к качеству продукции, товаров и услуг, причем не только потребителей, но и производителей. На сегодняшний день становится очевидным, что в рыночных условиях никакие инвестиции не спасут предприятие, если оно не сможет обеспечить конкурентоспособность своей товарной продукции.

Потребительская ценность любого товара представляет собой комплексное понятие, в которое помимо качества входит цена, сроки подготовки, гарантии, сервисное обслуживание и ряд других слагаемых, однако именно качеству отдают предпочтение покупатели и заказчики при выборе конкретной продукции. Потребительский рынок весьма многообразен и отвечает потребностям различных субъектов экономических отношений, но все же особое место в его структуре занимает продукция машиностроительного производства.

Машиностроительная продукция, в первую очередь, интересна своей комплексной составляющей, так как любое, даже весьма простое, изделие состоит из множества деталей, которые невозможно произвести на одном предприятии. Поэтому ведущая форма организации машиностроительного производства обусловлена его специализацией и, как следствие, кооперированием. Машиностроительный комплекс при производстве своей продукции объединяет изделия предприятий различных отраслей и на этой основе выпускает собственный авторский продукт, потребительские свойства которого наследуют качественные характеристики изделий предприятий-смежников. В связи с этим важной предпосылкой успешного развития специализации и кооперирования в промышленности являются стандартизация, унификация и типизация изделий, узлов и деталей, способствующих повышению качества конечного изделия в целом. Продукция машиностроения используется в основном как технологическое оборудование для различных отраслей народного хозяйства, позволяющее реализовывать новейшие технологии в производстве товаров и услуг, и определяет научно-технический

уровень страны. Можно сказать, что уровень качества машиностроительной продукции объединяет в себе достигнутый уровень качества в добывающих отраслях экономики и непосредственно влияет на повышение технического уровня и качества продукции перерабатывающих отраслей.

При определении уровня качества товара следует учитывать нормативные составляющие, определяющие соответствие его обязательным требованиям к качеству, принятым в законодательном порядке в странах-партнерах, куда предполагается его поставлять. Это особенно важно в связи с тем, что уже сам по себе факт несоответствия выпускаемого изделия принятым на конкретном рынке стандартам качества снимает вопрос о возможности поставки, т. е. сводит на нет всю остальную работу по повышению уровня качества изделия. Можно сказать, что при планировании выхода на новый рынок в первую очередь следует получить информацию по утвержденным в законодательном порядке или принятым в торговой практике стандартам качества и учесть их в работе по совершенствованию продукта. В результате в основу рационального управления качеством продукции должно быть положено изменение системы стандартов. Объектами стандартизации являются конкретная продукция, нормы, правила, требования, методы и термины, предназначенные для применения в различных сферах. Национальные стандарты устанавливают показатели, соответствующие передовому уровню науки, техники и производства.

Стандарты организации являются документами, регулирующими деятельность каждого предприятия. В них отражаются как требования действующих технических регламентов, положения национальных стандартов, так и особенности выпускаемой продукции и организационно-технический уровень предприятий. Объектами стандартов предприятия являются детали, сборочные единицы, нормы, требования и методы в области разработки и организации производства изделий, технологические процессы, нормы и требования к ним; ограничения по применяемой номенклатуре материалов, деталей; формы и методы управления и т. д.

Для обеспечения качества выпускаемой продукции нужна не только соответствующая материальная база и квалифицированный персонал, но и четкое управление технологическими процессами. Все дело в том, что каждому предприятию для успешной и устойчивой работы необходимо обеспечить выпуск запланированного объема продукции, соблюсти установленные сроки, добиться низкой себестоимости изделий и при этом обе-

спечить требуемый уровень качества. Предприятие должно не только заявить о достигнутом уровне качества выпускаемого продукта, но и доказать его достижение. С этой целью на предприятиях организуется контроль качества выпускаемой продукции, который осуществляется соответствующими средствами измерений.

Взаимосвязь качества и измерений неразрывна, но ведущим является качество, именно для его обеспечения требуются измерения. Изменения в подходах к обеспечению качества и управлению качеством в значительной степени влияют на метрологическую деятельность конкретного предприятия. Увидеть, воспринять, принять соответствующие научно-технические и организационные решения для адаптации метрологической деятельности – значит сделать метрологическую службу более управляемой и эффективной.

Под метрологическим обеспечением измерений понимается установление и применение научных и организационных основ, технических средств, правил и норм, необходимых для достижения единства и требуемой точности измерений. Качество измерений представляет собой совокупное состояние измерений с требуемыми точностными характеристиками, получаемыми в необходимом количестве за определенный отрезок времени. Применение конкретных методов измерений для обеспечения контроля качества требует необходимых знаний в соответствующих областях техники, умения пользоваться статистическими методами и вычислительными средствами.

Поскольку качество формируется в процессе создания продукции, первостепенное значение для достижения требуемого качества имеет знание технологии работ и организации производства, позволяющих спроектировать весь производственный процесс, не оставив без контроля и воздействия ни один этап работы. Важное значение здесь имеет нормирование параметров точности машиностроительной продукции. Например, качество полученной после обработки детали характеризуется точностью обработки. От того, насколько точно будут выдержаны размер и форма детали при обработке, зависит правильность сопряжения деталей в изделии и, как следствие, надежность изделия в целом. В связи с тем, что обеспечение абсолютного соответствия геометрических размеров детали после обработки требуемым значениям в производственных условиях практически неосуществимо, вводятся допуски на возможные отклонения. Эти допуски принимаются в зависимости от условий работы детали в изделии. Точность

геометрических параметров элементов деталей является комплексным понятием, включающим в себя точность размеров элементов деталей, их геометрических форм и взаимного расположения элементов деталей.

Под точностью геометрических параметров понимают степень соответствия действительных значений геометрических параметров их заданным значениям. Различают нормированную и действительную точность. Нормированная точность стандартизована, характеризуется допусками и предельными отклонениями, сведенными для различных геометрических параметров деталей в квалитеты, классы и степени точности. Действительная погрешность для размеров элементов деталей определяется как разность между действительным и расчетным размерами. Допуск на погрешность обработки позволяет выполнять размеры сопрягаемых деталей в заранее установленных пределах.

Необходимость нормирования точности изготовления деталей обусловлена требованием обеспечения взаимозаменяемости, что способствует высокой эффективности массового производства при оптимальном уровне качества продукции. Она органически связывает по точности исполнения в единое целое конструирование, технологию и контроль, гарантируя этим единством эффективность производства и высокое стабильное качество продукции. Кроме того, взаимозаменяемость означает равнозначность параметров и свойств объектов одинакового назначения. В техническом понимании взаимозаменяемость – это одинаковость размерных, механических, физико-химических, эстетических и других характеристик объектов или параметров. Если все объекты одного назначения имеют в практике одинаковые характеристики по всем свойствам, то при таком условии обеспечивается их полная взаимозаменяемость.

Обеспечение качества продукции неразрывно связано с вопросами технического регулирования, которые регламентируют принятие и исполнение обязательных требований к продукции с момента производства до момента утилизации, а также выполнение работ и оказание услуг. Современная система технического регулирования способствует разработке, быстрому выходу на рынок и активному применению качественно новых материалов, изделий и технологий.

При отборе содержания пособия в соответствии с замыслом все разделы гармонизированы на основе положений Федерального закона о техническом регулировании. Главной целью авторы считают осознание сту-



дентами системной роли каждого представленного раздела, что важно для правильного и целостного усвоения изложенного материала.

В учебном пособии подробно и на доступном уровне изложены основные научные положения и закономерности таких общетехнических дисциплин, как «Оборудование отрасли», «Метрология», «Стандартизация и взаимозаменяемость», «Прикладная метрология», «Квалиметрия», «Организация и управление качеством», «Сертификация продукции и систем качества» и других дисциплин, изучаемых бакалаврами по направлению подготовки 44.03.04 Профессиональное обучение (по отраслям) и профилю «Машиностроение и материалобработка» в профессионально-педагогических вузах.

# Глава 1.

## ПОКАЗАТЕЛИ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА МАШИНОСТРОИТЕЛЬНОЙ ПРОДУКЦИИ

В современных условиях перехода к рыночной экономике среди множества проблем, связанных с обеспечением как выживания, так и последующего нормального развития предприятий и организаций, главной и решающей является проблема качества продукции, работ и услуг. В ближайшие годы в лучшем положении окажутся те предприятия, которые смогут обеспечить не только наивысшую производительность труда, но и высокое качество, новизну и конкурентоспособность продукции [1].

Качество продукции является многоаспектным понятием и обеспечение его требует объединения творческого потенциала и практического опыта многих специалистов. Рассматривая качество продукции как физическую категорию, необходимо его формировать на стадии маркетинговых исследований и опытно-конструкторских разработок.

На основе анализа настоящего и прогнозируемого спроса рынка сбыта маркетологи формулируют требования к качеству, которому должно соответствовать изделие в ближайшей и отдаленной перспективе. В условиях, когда предложение на рынке сбыта превышает спрос, именно качество продукции является одним из основных факторов, определяющих ее конкурентоспособность. По данным исследователей, 23 % коммерческих неудач приходится на техническое несовершенство изделий, уступая лишь неверной оценке требований рынка [2].

На основании представленных исследований и опыта эксплуатации предыдущих образцов техники, конструктор идентифицирует новые требования в рабочих и сборочных чертежах изделия в виде нормирования точности геометрических параметров элементов деталей и их поверхностей, параметров физико-химических свойств слоев поверхности, определяющих износостойкость трущихся поверхностей, герметичность и прочность соединений, взаимосвязь деталей и сборочных единиц.

В широком смысле в содержание понятия о качестве, например, машин, входят не только функциональные потребительские свойства (мощность машин, их быстродействие, производительность, материало- и энергоемкость, степень автоматизации и т. д.), но и различные технологические

свойства, а также характеристики таких эксплуатационных свойств, как надежность, включающая в себя безотказность, долговечность, ремонтпригодность, сохраняемость и т. п. Немаловажное значение имеют конструкторско-художественные особенности изделия, уровень стандартизации и унификации деталей и узлов, экологичность, безопасность эксплуатации и другие свойства [3]. Проблема качества продукции не является только экономико-технической, но имеет выраженный социально-экономический аспект.

Качество любой продукции характеризует ее пригодность (способность) удовлетворять определенные потребности людей, поэтому проблема качества тесно связана с таким фактором, как потребности человека. Экономическая потребность – это не субъективное желание или прихоть людей, а объективная необходимость отдельных личностей и общества в целом во всем том, что обеспечивает их жизнедеятельность и развитие в условиях ограниченности сырьевых, энергетических, трудовых и других ресурсов. В связи с этим высокое качество продукции, в том числе и машиностроительной, выражается, прежде всего, в увеличении степени удовлетворения потребности в ней в соответствии с ее предназначением. Кроме того, повышение качества технических изделий проявляется в экономии труда, средств и ресурсов. В результате качество воплощает ту степень и меру, в какой продукция объективно удовлетворяет конкретную потребность.

В зависимости от назначения и предъявляемых к изделию требований, качество изделия, как правило, не может быть охарактеризовано одним показателем. На практике используется система показателей. На формирование и применение системы показателей качества оказывают влияние разнообразные факторы: многоплановость (сложность) свойств, образующих качество изделия; уровень новизны и сложности его конструкции; своеобразие условий использования и восстановления свойств эксплуатируемых изделий и т. п.

Эти факторы предопределяют номенклатуру показателей качества, особенности их выбора и применения для конкретных условий разработки, изготовления и использования изделия по назначению. В связи с тем, что качество включает в себя совокупность свойств, обуславливающих способность продукции удовлетворять возникающую в обществе потребность, необходимо для обеспечения качества иметь определенную комплексную систему взаимосвязанных мер организационного, технического, экономического, социального и правового характера, направленных на достижение поставленной цели повышения качества продукции [4].

Под *системой качества* понимают все планируемые и систематически осуществляемые виды деятельности, а также действия по предоставлению доказательств качества, необходимых для создания у потребителей достаточной уверенности в том, что поставщик (производитель) будет выполнять требования по качеству для обеспечения как внутренних, так и внешних целей производства [5]. Внутренние цели обеспечения качества создают уверенность у руководства в своей продукции, а внешние цели обеспечения качества формируют уверенность у потребителя в качестве получаемых продукции или услуг.

## 1.1. Основные понятия и определения качества

Понятия и термины, используемые в области управления качеством, определяются международными и национальными стандартами. Международный стандарт ИСО 8402–94 устанавливает термины по качеству, поясняет их сущность и то, как они применяются в стандартах ИСО серии 9000 системы качества.

В научной литературе *качество* определено как совокупность характеристик объекта, относящихся к его способности удовлетворять установленные и предполагаемые потребности.

*Объект* – это то, что может быть индивидуально описано и рассмотрено, т. е. это широкое понятие, включающее в себя не только продукцию, но и деятельность или процесс, организацию или лицо, в то время как *продукция* рассматривается как результат деятельности или процесса.

Согласно ГОСТ 15.467–79 «Управление качеством продукции. Основные понятия, термины и определения» [6], качество продукции – это совокупность свойств, обуславливающих ее пригодность удовлетворять определенные потребности в соответствии с ее назначением.

Продукция здесь определяется как материализованный результат процесса трудовой деятельности, обладающий полезными свойствами и предназначенный для удовлетворения потребностей общественного или личного характера. Результаты труда могут быть овеществленными (сырье, материалы, технические устройства, пищевые продукты и т. д.) и неовеществленными (энергия, информация).

Учитывая, что свойство продукции является исходной характеристикой ее качества, рассмотрим связанные с ним понятия и термины, которые относятся только к овеществленным результатам труда.

*Свойство продукции* – это объективная особенность, которая проявляется при создании, эксплуатации или потреблении изделия. Термин «эксплуатация» применяется к такой продукции, которая в процессе использования расходует свой ресурс, а «потребление» относится к той, которая при ее использовании расходуется сама. Свойства можно разделить на простые и сложные (например, надежность изделия является сложным свойством, которое обусловлено относительно простыми его свойствами – безотказностью, долговечностью, ремонтпригодностью и сохраняемостью).

*Признаком продукции* является качественная или количественная характеристика любых ее свойств или состояний. К качественным признакам можно отнести цвет материала, форму изделия, наличие на поверхности детали антикоррозийного или декоративного покрытия, способ скрепления деталей изделия (например, сварка, клепка), способ настройки или регулировки технических свойств (ручной, дистанционный, полуавтоматический). Качественные признаки могут носить альтернативный характер, например, наличие или отсутствие защитного покрытия на деталях, наличие или отсутствие дефектов. Количественный признак является *параметром продукции* и может быть одним из показателей ее качества.

*Показатель качества продукции* – количественная характеристика одного или нескольких свойств продукции, составляющих ее качество, рассматриваемая применительно к определенным условиям ее создания, эксплуатации и потребления. Многие показатели качества продукции являются функциями ее параметров. Так, показатель долговечности сверла зависит от ширины направляющей ленточки (геометрического параметра) и от механических характеристик материала сверла (структурных параметров). Рассмотренные понятия «признак», «параметр», «показатель качества продукции» позволяют определить взаимосвязи между ними (рис. 1.1) [7, с. 15]. Номенклатура показателей качества зависит от назначения продукции и определяется количественными характеристиками ее свойств, которые обеспечивают возможность оценки уровня ее качества. Показатели качества имеют наименование и численное значение.

*Уровень качества* – это относительная характеристика, основанная на сравнении значений показателей качества оцениваемой продукции с соответствующими показателями продукции, принятой в качестве базы для сравнения.

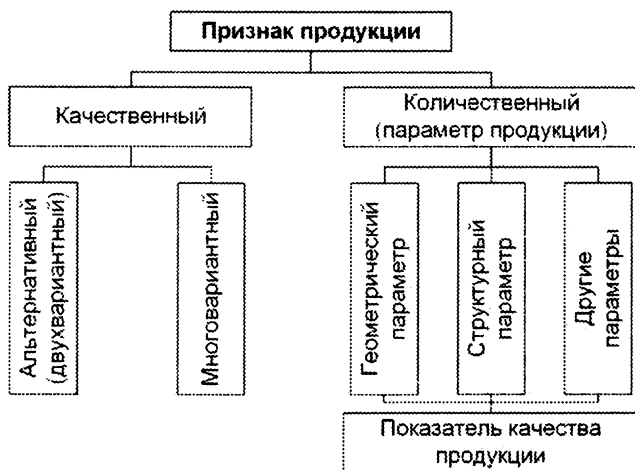


Рис. 1.1. Взаимосвязь признаков, параметров и показателей качества продукции

Наряду с уровнем качества определяется *технический уровень* продукции – относительная характеристика, полученная путем сопоставления некоторой совокупности показателей качества изделий рассматриваемого типа с соответствующей совокупностью базовых показателей. Технический уровень продукции обычно оценивается при разработке новых или аттестации серийно выпускаемых изделий.

## 1.2. Классификация показателей качества продукции

Свойства продукции могут быть охарактеризованы количественно и качественно. Качественные характеристики определяют соответствие изделия современному дизайну, цвету и т. д. Количественная характеристика одного или нескольких свойств продукции, составляющих ее качество, рассматриваемая применительно к определенным условиям ее создания и эксплуатации или потребления (например, безотказность работы, трудоемкость, себестоимость, масса, размер изделия и т. д.), называется показателем качества продукции. Выбор показателей качества устанавливается перечнем наименований количественных характеристик свойств продукции, входящих в состав ее качества и обеспечивающих оценку уровня качества продукции [8].

Обоснование выбора номенклатуры показателей качества производится с учетом:

- назначения и условий использования продукции;
- анализа требований потребителя;
- задач управления качеством продукции;
- состава и структуры характеризующих свойств;
- основных требований к показателям качества.

В зависимости от характера решаемых задач по оценке качества продукции показатели можно классифицировать по различным признакам (табл. 1.1) [9, с. 311]. Помимо приведенных в табл. 1.1 основных признаков классификации и групп показателей качества используются и такие, как однородность характеризующих свойств (функциональные, ресурсосберегающие, природоохранные) и форма предоставления характеризующих свойств (абсолютные, относительные, удельные).

Таблица 1.1

Классификация показателей качества продукции  
(по признаку и группе)

Признак	Группа
По количеству характеризующих свойств	Единичные Комплексные Интегральные
По характеризующим свойствам	Назначения Надежности Экономичности Эргономичности Эстетичности Технологичности Стандартизации и унификации Патентно-правовые Экологические Безопасности Транспортабельности
По способу выражения	В натуральных единицах (кг, мм, баллы и др.) В стоимостном выражении
По этапам определения значений показателей	Прогнозные Проектные Производственные Эксплуатационные

*Единичные показатели*, характеризующие одно из свойств продукции, могут относиться как к единице продукции, так и к совокупности единиц однородной продукции (например, наработка изделия на отказ (часы), удельный расход топлива (г/л.с.), мощность (л.с.), максимальная скорость движения (км/ч)).

*Комплексные показатели* характеризуют совместно несколько простых свойств или одно сложное, состоящее из нескольких простых. Примером комплексного показателя может служить коэффициент готовности изделия  $K_r$ , который характеризует два свойства: безотказность и ремонтнопригодность. Вычисляется он по следующей формуле:

$$K_r = \frac{T}{T + T_b},$$

где  $T$  – наработка изделия на отказ (безотказность);

$T_b$  – среднее время восстановления (ремонтнопригодность).

Деление показателей на единичные и комплексные условно из-за самой условности деления свойств продукции на простые и сложные. Например, свойство ремонтнопригодности по отношению к свойству готовности является простым, но это не абсолютно, а относительно, так как

$$T_b = T_o + T_y,$$

где  $T_o$  – среднее время, затрачиваемое на отыскание отказа;

$T_y$  – среднее время для устранения отказа.

Следовательно, относительно  $K_r$  показатель  $T_b$  можно рассматривать как единичный, а относительно  $T_o$  и  $T_y$  – как комплексный.

*Интегральные показатели* отражают отношение суммарного полезного эффекта от эксплуатации продукции к суммарным затратам на ее создание и эксплуатацию. Расчет интегральных показателей  $I$  по техническим устройствам со сроком службы более одного года можно произвести по формуле

$$I = \frac{\text{ПЭ}_T}{\sum_{t=0}^T (Z_{ct} + Z_{st}) a_T}, \quad (1.1)$$

где  $\text{ПЭ}_T$  – суммарный полезный эффект от эксплуатации технического устройства за расчетный период или полезный срок использования (например, выработка электроэнергии энергоблоком в кВт/ч, работа грузового автомобиля в т/км);



$Z_{ст}$  – затраты на создание технического устройства (разработку, изготовление, монтаж) в году;

$Z_{эк}$  – затраты на эксплуатацию технического устройства (техническое обслуживание, ремонт и другие эксплуатационные расходы) в году;

$a_T$  – коэффициент приведения (дисконтирования) разновременных затрат к одному году;

$T$  – расчетный период (полезный или нормативный срок службы).

Наиболее широкое применение при оценке качества продукции производственно-технического назначения находят показатели, сгруппированные по характеризующим свойствам.

*Показатели назначения* характеризуют свойства продукции, определяющие основные функции, для выполнения которых она предназначена, и обуславливают область ее применения. Они подразделяются на показатели функциональной и технической эффективности (производительность станка, прочность ткани); конструктивные (габаритные размеры, коэффициенты сборности и взаимозаменяемости); показатели состава и структуры (например, процентное содержание серы в коксе, концентрация примеси в кислотах).

*Показатели надежности* характеризуют свойства безотказности, долговечности, ремонтпригодности и сохраняемости.

Безотказность – это свойство изделия непрерывно сохранять работоспособность в течение некоторого времени или некоторой наработки, выражающееся в вероятности безотказной работы, средней наработке до отказа, интенсивности отказов.

Долговечность – свойство изделия сохранять работоспособность до наступления предельного состояния при установленной системе технического обслуживания и ремонтов. Единичными показателями долговечности являются средний ресурс и средний срок службы. Понятие «ресурс» применяется при характеристике долговечности по наработке изделия, а «срок службы» – при характеристике долговечности по календарному времени.

Ремонтпригодность – свойство изделия, заключающееся в приспособленности его к предупреждению и обнаружению причин возникновения отказов, повреждений и устранению их последствий путем проведения ремонтов и технического обслуживания. Единичными показателями ремонтпригодности являются вероятность восстановления работоспособно-

го состояния и среднее время восстановления. Восстанавливаемость изделия характеризуется средним временем восстановления до заданного значения показателя качества и уровнем восстановления.

Сохраняемость – свойство продукции сохранять исправное и работоспособное, пригодное к потреблению состояние в течение всего срока хранения и транспортирования и после него. Единичными показателями здесь могут быть средний срок сохраняемости и назначенный срок хранения.

*Эргономические показатели*, характеризующие систему «человек – изделие – среда использования» и учитывающие комплекс гигиенических, антропометрических, физиологических и психологических свойств человека, делятся на следующие группы:

- гигиенические (освещенность, температура, излучение, вибрация, шум);
- антропометрические (соответствие конструкции изделия размерам и форме тела человека, соответствие распределению его веса);
- физиологические (соответствие конструкции изделия силовым и скоростным возможностям человека);
- психологические (соответствие изделия возможностям восприятия и переработке информации).

*Показатели экономичности* определяют совершенство изделия по уровню затрат материальных, топливно-энергетических и трудовых ресурсов на его производство и эксплуатацию (потребление). Это, в первую очередь, себестоимость, цена покупки и цена потребления, рентабельность и т. д.

*Эстетические показатели* характеризуют информационно-художественную выразительность изделия (оригинальность, стилевое соответствие, соответствие моде), рациональность формы (соответствие формы назначению, конструктивному решению, особенностям технологии изготовления и применяемым материалам), целостность композиции (пластичность, упорядоченность графических изобразительных элементов).

*Показатели технологичности* имеют отношение к таким свойствам конструкции изделия, которые определяют его приспособленность к достижению оптимальных затрат при производстве, эксплуатации и восстановлении заданных значений показателей качества. Они являются определяющими для показателей экономичности. Единичные показатели технологичности – удельная трудоемкость, материалоемкость, энергоемкость изготовления и эксплуатации изделия, длительность цикла технического обслуживания и ремонтов и др.

*Показатели стандартизации и унификации* характеризуют насыщенность изделия стандартными, унифицированными и оригинальными составными частями, каковыми являются входящие в него детали, узлы, агрегаты, комплекты и комплексы. К данной группе относятся коэффициенты применяемости, повторяемости, унификации изделия или группы изделий.

*Патентно-правовые показатели* характеризуют степень патентной защиты и патентной чистоты технических решений, использованных в изделии и определяющих его конкурентоспособность на внутреннем и внешнем рынке.

*Экологические показатели* определяют уровень вредных воздействий на окружающую среду в процессе эксплуатации или потребления изделия. К ним относятся содержание вредных примесей, выбрасываемых в окружающую среду, а также вероятность выброса вредных частиц, газов и излучений, уровень которых не должен превышать предельно допустимой концентрации.

*Показатели безопасности* характеризуют особенности продукции, обуславливающие при ее использовании безопасность человека (обслуживающего персонала) и других объектов. Они должны отражать требования к мерам и средствам защиты человека в условиях аварийной ситуации, не санкционированной и не предусмотренной правилами эксплуатации в зоне возможной опасности.

*Показатели транспортабельности* характеризуют приспособленность продукции к транспортированию без ее использования или потребления. Основными показателями являются средняя продолжительность подготовки продукции к транспортированию; средняя трудоемкость подготовки продукции к транспортированию; средняя продолжительность установки продукции на средство транспортирования определенного вида и т. д. Наиболее полно транспортабельность оценивается стоимостными показателями, позволяющими одновременно учесть материальные и трудовые затраты, квалификацию и количество людей, занятых работами по транспортированию.

Показатель, по которому принимается решение оценивать качество продукции, называется *определяющим*. Свойства, учитываемые определяющим показателем, могут характеризоваться единичными и (или) комплексными (обобщающими) показателями качества. Обобщающие показатели являются средней величиной, учитывающей количественные оценки основных свойств продукции и их коэффициентов весомости.

*Оптимальное значение показателя качества продукции* – то, при котором достигается наибольший полезный эффект от эксплуатации (потребления) продукции при заданных затратах на ее создание и эксплуатацию, расчет которого может быть произведен по ранее приведенной формуле (1.1).

Рассмотренные выше показатели качества могут быть использованы в основном для оценки продукции производственного назначения. Им аналогичны показатели качества предметов потребления, однако данные показатели должны учитывать специфику назначения и использования этих предметов. Особенности оценки качества продукции производственно-технического назначения и предметов потребления отражаются в отраслевой нормативно-технической документации, которая регламентирует выбор номенклатуры показателей качества, методики их расчета и область применения. Показатели качества, как и физические величины, могут иметь размерность или быть безразмерными. Количественной характеристикой показателей качества является их размер, который следует отличать от значения – выражения размера в определенных единицах.

Например, трудоемкость изготовления и эксплуатации продукции определяется количеством времени, которое было затрачено на изготовление и эксплуатацию единицы продукции, и которое выражено для промышленных изделий в нормо-часах. Очевидно, что трудоемкость изготовления конкретного узла или агрегата (показатель технологичности) не изменится, если ее выразить, например, в человеко-днях. Не изменятся и экономические показатели (себестоимость или цена изделия), если они будут выражены не в рублях, а в других единицах. Значения показателей качества могут быть абсолютными и относительными. Абсолютные значения физических величин всегда имеют размерность, а относительные – всегда безразмерны. При этом абсолютные значения показателей качества могут быть как размерными, так и безразмерными, а относительные – только безразмерными.

Приведем примеры абсолютных значений показателей качества: масса изделия – показатель транспортабельности; эксплуатационная скорость автобуса – показатель его назначения; освещенность на рабочем месте – эргономический показатель.

Примерами относительных значений показателей технологичности продукции являются относительная трудоемкость изготовления  $T_{о,в,р}$  и (или) эксплуатации и относительная себестоимость изготовления  $C_{о,в,р}$  и (или) эксплуатации.

Относительная трудоемкость изготовления и (или) эксплуатации выражается формулой

$$T_{\text{о.в.р}} = \frac{T_{\text{в.р.}}}{T},$$

где  $T_{\text{в.р}}$  – трудоемкость по видам производимых работ (например, трудоемкость заготовительных работ, трудоемкость профилактического обслуживания и т. п.);

$T$  – трудоемкость изготовления и (или) эксплуатации.

Относительную себестоимость изготовления и (или) эксплуатации можно рассчитать по формуле

$$C_{\text{о.в.р}} = \frac{C_{\text{в.р.}}}{C},$$

где  $C_{\text{в.р}}$  – себестоимость по видам работ (например, суммарная себестоимость ремонтов, суммарная себестоимость профилактического обслуживания и т. п.);

$C$  – технологическая себестоимость изготовления.

В связи с тем, что качество продукции должно обеспечиваться на протяжении всего жизненного цикла продукции, весьма важно обеспечить сохранение качества на всех этапах, начиная от разработки и заканчивая утилизацией.

### 1.3. Этапы формирования качества продукции

Формирование и поддержание качества продукции осуществляются на всех этапах ее жизненного цикла, все элементы которого образуют замкнутую в виде кольца *петлю качества* (рис. 1.2). С помощью петли качества регулируется взаимосвязь изготовителя продукции с потребителем и со всеми объектами, обеспечивающими решение задач управления качеством продукции [10].

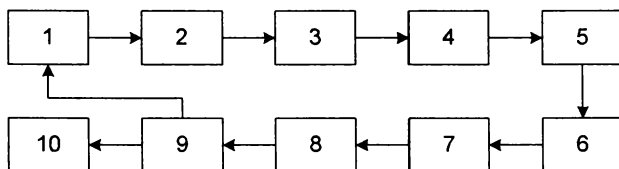


Рис. 1.2. Этапы формирования и обеспечения качества продукции

Этапами формирования и обеспечения качества продукции являются следующие:

- прогнозирование потребностей, технического уровня и качества продукции;
- формирование уровня качества, соответствующего высшей категории качества; подготовка научно-технической документации;
- анализ возможностей предприятия-изготовителя;
- материально-техническое обеспечение сырьем, материалами, комплектующими изделиями;
- техническая подготовка производства; разработка технологических процессов; обеспечение оборудованием, оснасткой, инструментом;
- производство продукции, соответствующей научно-технической документации;
- технический контроль и испытания продукции; оценка качества изготовления;
- сбыт готовой продукции; сохранение качества в процессе хранения, транспортирования, реализации продукции;
- монтаж и эксплуатация готовой продукции; обеспечение качества обслуживания и ремонта; оценки степени удовлетворения потребителя качеством продукции;
- утилизация; максимальное использование утилизируемых веществ.

Петля качества представляет собой концептуальную модель взаимозависимых видов деятельности, влияющих на качество на различных стадиях жизненного цикла продукции, начиная от определения потребностей и заканчивая оценкой их удовлетворения. Петля качества наглядно показывает последовательное отражение качества процессов на качестве конечного результата. Обобщенное качество результата представляет собой совокупность проектной, производственной и эксплуатационной стадий жизненного цикла продукции. Последовательность оценки значений показателей и уровня качества приведены на рис. 1.3 [11].

На начальной стадии проводятся работы по формированию исходных требований к продукции, которые, как правило, включают в себя составление заявки на разработку, освоение и создание аванпроекта, научно-исследовательские работы и подготовку технического задания. Основные требования по разработке и постановке на производство новой (модернизированной)

ванной) продукции производственно-технического назначения установлены ГОСТ Р 15.201–2000 и соответствующими рекомендациями по его применению [12].



Рис. 1.3. Последовательность оценки значений показателей и уровня качества продукции

*Техническое задание* состоит из следующих разделов: наименование и область применения продукции, основание для разработки, цель и назначение разработки, технические требования, экономические показатели, стадии и этапы разработки, порядок контроля и приемки, приложения.

Общее содержание разделов установлено в рекомендациях Р 50–601–5–89 [13], а конкретно его определяют заказчик (основной потребитель) и разработчик (при инициативной разработке – только разработчик). Функции заказчика могут выполнять потребители заказываемой продукции, организации, представляющие интересы потребителей, изготовители.

*Заказчик* формирует исходные требования, обеспечивающие реальную возможность для создания продукции необходимого технического уровня,

сокращения сроков и затрат на разработку и постановку продукции на производство, избежания ошибок в дальнейшем за счет тщательной предварительной проработки основных вопросов. Исходные требования должны основываться на прогнозировании потребности рынка в данном виде продукции с учетом тенденций ее развития, а также совершенствования производственных процессов и сферы услуг, где будет использоваться продукция.

*Разработчик* осуществляет создание технического задания на основе исходных требований заказчика, а также с учетом результатов выполненных научно-исследовательских и экспериментальных работ, анализа передовых достижений отечественной и зарубежной техники, прогрессивных типажей и систем машин и оборудования, изучения патентной документации, требований внешнего и внутреннего рынков.

Техническое задание может разрабатываться на конкретное изделие и на группу изделий, типоразмерный ряд или его часть. На группу изделий, характеризуемых общностью конструкции и назначения, может разрабатываться типовое техническое задание. В техническом задании может быть предусмотрена разработка технического предложения, в котором на основе анализа различных вариантов технических решений устанавливаются окончательные требования к техническим характеристикам и показателям качества, не отмеченным в техническом задании. Согласованное с заказчиком техническое предложение позволяет подготовить конструкторскую документацию (эскизный, технический проекты, рабочую документацию) согласно требованиям Единой системы конструкторской документации (ЕСКД).

Заказчик совместно с разработчиком в техническом задании определяет порядок процесса сдачи и приемки результатов разработки:

- сдача и приемка видов изготовленных образцов (экспериментальных, опытных, головных);
- определение категории испытаний;
- определение состава приемочной комиссии;
- рассмотрение результатов на приемочной комиссии;
- подготовка документов, предоставляемых на приемку.

Действие технического задания заканчивается после утверждения акта приемочной комиссии. Изготовитель определяет необходимость участия разработчика в подготовке и освоении производства продукции. При необходимости они совместно разрабатывают документы, входящие в со-



став технологической подготовки производства на основе Единой системы технологической подготовки производства (ЕСТПП), проводят квалификационные испытания.

Важнейшие задачи *на стадии производства*: обеспечение стабильного качества продукции, анализ данных о результатах эксплуатации (потребления), выявление возможных направлений совершенствования изделий, выполнение работ по подготовке к сертификации продукции и организации сервисного обслуживания.

На всех стадиях жизненного цикла продукции уровень ее качества должен устанавливаться, обеспечиваться и поддерживаться.

Устанавливается необходимый уровень качества на стадии исследования и проектирования на основе анализа лучших научно-технических достижений в России и за рубежом для удовлетворения потребностей заказчиков с наименьшими затратами. Управление качеством на этой стадии имеет особо важное значение, так как именно здесь формируются и рассчитываются основные технико-экономические и эксплуатационные показатели будущей продукции, которые заложены в конструкторско-технологическую документацию. Целями управления на данной стадии являются достижение уровня качества, соответствующего высшей категории качества, современным достижениям и прогнозу общественных потребностей на период производства продукции, а также подготовка комплекта научно-технической документации для изготовления, обращения, потребления и эксплуатации продукции (при соблюдении установленных экономических показателей). Критерием оценки качества продукции служит степень соответствия технико-экономических параметров, закладываемых в продукцию, аналогичным параметрам лучших научно-технических достижений в нашей стране и за рубежом. Обеспечивается качество продукции на стадии изготовления за счет применения качественной нормативно-технической документации на изготовление продукции, качественного оборудования, оснастки, инструментов, получаемого сырья, материалов, комплектующих. Целями управления в этом случае является производство продукции в соответствии с плановым заданием и с уровнем качества, который сформирован на этапе исследования и проектирования, а также повышение качества продукции на основе опыта или эксплуатации путем улучшения свойств продукции и совершенствования технологии производства при соблюдении установленных экономических показателей. Критерием оценки

служит степень соответствия фактических технико-экономических параметров изготовленного изделия его аналогичным параметрам, заложенным в проектной документации.

Поддержание качества изготовленной продукции производится на стадиях обращения и реализации, эксплуатации и потребления. Качество обращения и реализации складывается из качества хранения и транспортировки. Здесь важно сохранить уровень качества, который был обеспечен при производстве. Целью управления на этой стадии является создание необходимых условий для сохранения свойств продукции при ее складировании, транспортировке и сбыте в соответствии с установленными плановыми заданиями, стандартами и техническими условиями. Критерием оценки качества служит соответствие показателей качества изделия показателям, зафиксированным в технической документации, сопровождающей изделие.

На стадии эксплуатации осуществляется окончательная наиболее полная оценка фактического уровня качества продукции. Поддержание качества эксплуатации зависит от качества самой эксплуатации и ремонтной документации, эксплуатационного и ремонтного оборудования, запасных частей и качества труда эксплуатационного и ремонтного персонала. Целью управления является обеспечение безотказной и эффективной работы выпущенных изделий в период эксплуатации. Критерием оценки качества служит соответствие показателей качества изделия показателям, зафиксированным в технической документации, сопровождающей изделие, т. е. тем реальным потребностям, для удовлетворения которых оно создавалось.

#### **1.4. Содержание и методы оценки уровня качества продукции**

Под *уровнем качества изделия* понимаются относительные характеристики качества (или его обобщенная характеристика) по сравнению с совокупностью базовых показателей, в качестве которых используются показатели перспективных образцов, аналогов и стандартов. Под *аналогом* подразумевается образец серийного производства устройства, принцип действия которого, а также его функциональное назначение, масштабы производства и условия применения те же, что и у проектируемого изделия.

Для определения научно-технического уровня выпускаемой продукции, ее соответствия требованиям потребителей, для решения производст-

венных, экономических и социальных задач, а также для самого управления качеством необходимо осуществлять оценку уровня качества продукции. Последняя может проводиться различными методами в зависимости от ее сложности, назначения, количества показателей, характеризующих ее качество.

*Оценка уровня качества продукции* – это совокупность операций, включающая в себя выбор номенклатуры показателей качества оцениваемой продукции, определение значений этих показателей и сопоставление их с базовыми [14]. В общем виде оценка уровня качества может быть представлена следующими этапами, отраженными на рис. 1.4 [8, с. 15].

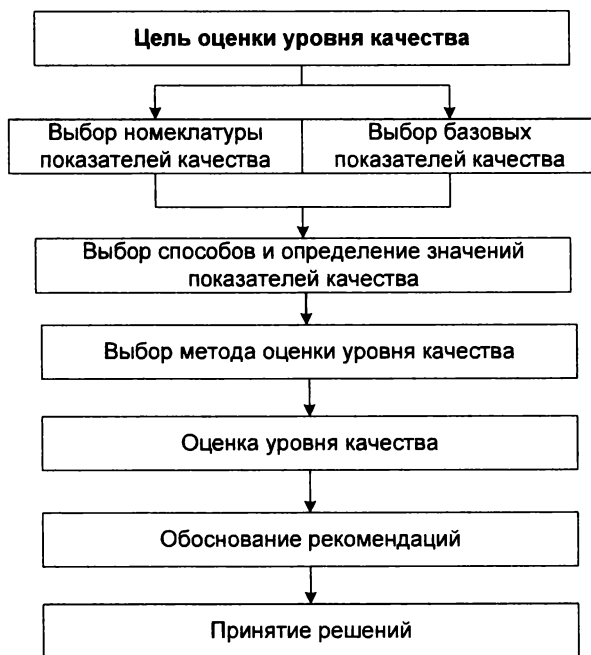


Рис. 1.4. Этапы оценки уровня качества продукции

Содержание этапов и объем работ на каждом из них существенным образом зависят от цели оценки качества продукции. Цель оценки обуславливают показатели качества, которые следует выбирать для рассмотрения (методы и точность определения их значения, выбор средств, а также определение вида обработки и формы представления результатов оценки).

В соответствии с назначением промышленная продукция подразделяется на классы.

*Первый класс* (продукция, расходуемая при использовании) подразделяется на три группы:

- 1-я – сырье и топливно-природные ископаемые;
- 2-я – материалы и продукты;
- 3-я – расходные изделия.

*Второй класс* (продукция, расходующая свой ресурс) составляют две группы:

- 1-я – неремонтируемые изделия;
- 2-я – ремонтируемые изделия.

Указанная классификация применяется для выбора номенклатуры единичных показателей выделенной группы продукции и определения области применения данной продукции, обоснования выбора конкретного изделия или нескольких изделий в качестве базовых образцов, а также для создания системы государственных стандартов на номенклатуру показателей качества продукции.

Номенклатуру показателей качества продукции устанавливают с учетом назначения и условий ее применения, требований потребителей (заказчиков), основных требований к показателям качества продукции и области их применения. При выборе номенклатуры показателей качества определяют группу однородной продукции и входящие в нее подгруппы и виды, номенклатуру групп показателей качества, номенклатуру показателей качества групп и подгрупп. Исходную номенклатуру показателей качества продукции устанавливают по рекомендациям табл. 1.2.

Таблица 1.2

Применяемость основных показателей качества  
по классам и группам продукции

Показатель качества	1-й класс			2-й класс	
	1-я группа	2-я группа	3-я группа	1-я группа	2-я группа
1	2	3	4	5	6
Экономичность	+	+	+	+	+
Надежность:					
• безотказность	–	–	–	+	+
• долговечность	–	–	–	+	+
• ремонтпригодность	–	+	+	–	+

Окончание табл. 1.2

1	2	3	4	5	6
• сохраняемость	+	+	+	+	+
Эргономичность	–	+	+	+	+
Эстетичность	–	+	+	+	+
Технологичность	+	+	+	+	+
Транспортабельность	+	+	+	+	+
Стандартизация и унификация	–	–	+	+	+
Патентно-правовой	–	+	+	+	+
Экологичность	+	+	+	+	+
Безопасность	+	+	+	+	+

*Примечание.* «+» – применяемость показателей, «–» – неприменяемость; вместо показателей ремонтпригодности для 2-й и 3-й групп продукции применяются показатели восстанавливаемости; по согласованию с заказчиком (потребителем) могут быть допущены отклонения от рекомендаций таблицы.

Необходимо отметить, что качество продукции определяется сравнением значений показателей качества одного и другого вида продукции. На основании сравнения можно сделать заключение о том, качество какой продукции будет выше (рис. 1.5).



Рис. 1.5. Классификация методов определения значений показателей качества продукции

Методы определения значений показателей качества продукции подразделяются на две группы: по способам получения информации; по источникам ее получения.

Первую группу составляют следующие методы определения значений показателей качества продукции.

*Измерительный.* Этот метод основан на информации, получаемой с обязательным использованием технических, предусмотренных конструк-

цией изделия, или дополнительных измерительных средств (амперметры, вольтметры, тахометры, спидометры и т. п.).

*Регистрационный.* Здесь используется информация, получаемая путем подсчета (регистрации) числа определенных событий, предметов и затрат (например, регистрация количества отказов изделия при испытаниях; затрат на создание и эксплуатацию изделия; количества частей сложного изделия, защищенных авторскими свидетельствами и патентами). С помощью этого метода можно определить показатели технологичности, экономичности, патентно-правовые, а также показатели стандартизации и унификации.

*Органолептический.* При применении данного метода используется информация, получаемая в результате анализа восприятия органов чувств (зрения, слуха, обоняния, осязания и вкуса). Точность и достоверность результатов зависит от способностей, квалификации и навыков лиц, выполняющих эту работу, а также от возможности использования специальных технических средств, повышающих разрешающие способности организма человека (микроскопов, микрофонов, луп). Этот метод наиболее широко применяется при оценке качества предметов потребления, в том числе продуктов питания (напитков, кондитерских, табачных и парфюмерных изделий), а также их эргономичности, экологичности, эстетичности.

*Расчетный.* Этот метод основан на использовании теоретических или эмпирических зависимостей показателей качества продукции от ее параметров. Его применяют в основном при проектировании продукции, когда она еще не может быть объектом экспериментального исследования (отсутствует опытный образец) и служит для определения производительности, мощности, прочности и т. д.

Рассмотренные методы могут применяться совместно на различных стадиях жизненного цикла продукции. Так, измерительный и регистрационный методы используются на стадиях разработки, производства и эксплуатации продукции производственно-технического назначения и бытовой техники, органолептический и измерительный – на стадиях разработки и производства предметов потребления.

Во вторую группу методов определения значений показателей качества продукции входят традиционный, экспертный и социологический.

*Традиционный.* С помощью этого метода показатели качества определяются должностными лицами (работниками) специализированных экспериментальных лабораторий, полигонов, стендов и расчетных подразделений

предприятий (конструкторских отделов, вычислительных центров, служб качества). Информация о показателях формируется в процессе испытаний продукции, условия проведения которых должны быть приближены к нормальным или форсированным эксплуатационным (например, в условиях полигонов автомобильных и тракторных предприятий, испытательных площадок и стендов энергетических турбин авиационных двигателей, телефонных аппаратов и т. д.).

*Экспертный.* Данный метод основывается на определении значений показателей качества на основе решения, принимаемого группой специалистов-экспертов. В такие группы объединяются специалисты различных направлений знаний и практических навыков в зависимости от вида оцениваемой продукции. Каждый из членов группы обладает правом решающего голоса. Этим методом пользуются в тех случаях, когда значения показателей качества продукции не могут быть определены более объективными методами.

*Социологический.* Метод основан на сборе и анализе информации о мнении фактических или возможных потребителей продукции. Сбор информации осуществляется в ходе устного опроса или с помощью распространения анкет, а также путем организации конференций, выставок, аукционов и т. п.

На заключительном этапе оценки качества продукции проводятся операции по определению уровня качества продукции. Как уже отмечалось, уровень качества продукции – это относительная характеристика ее качества, основанная на сравнении значений показателей качества оцениваемой продукции с базовыми значениями соответствующих показателей. Базовым значением показателя является оптимальный уровень, реально достижимый на некоторый период времени. За базовые могут приниматься значения показателей качества лучших отечественных и зарубежных образцов, по которым имеются достоверные данные о качестве, а также значения, достигнутые в некотором предыдущем периоде времени или найденные экспериментальным и теоретическим методами.

Для определения уровня качества применяются дифференциальный и комплексный методы оценки качества продукции.

*Дифференциальный метод* оценки качества продукции предусматривает сравнение показателей качества оцениваемого вида продукции с соответствующими базовыми показателями, т. е. показатель качества оцениваемой продукции  $P_1$  сопоставляется с показателем качества базового образца  $P_{1\text{баз}}$ ,  $P_2$  – с  $P_{2\text{баз}}$ ,  $P_n$  – с  $P_{n\text{баз}}$  ( $n$  – число сравниваемых показателей качества).

Для каждого из показателей относительные показатели качества оцениваемой продукции рассчитываются по следующим формулам:

$$Q_i = \frac{P_i}{P_{i\text{баз}}}, \quad (1.2)$$

$$Q_i = \frac{P_{i\text{баз}}}{P_i}, \quad (1.3)$$

где  $P_i$  – числовое значение  $i$ -го показателя качества оцениваемой продукции;

$P_{i\text{баз}}$  – числовое значение  $i$ -го показателя качества базового образца.

Формула (1.2) используется, когда увеличению абсолютного значения показателя качества соответствует улучшение качества продукции. По этой формуле вычисляют относительный показатель качества для мощности, срока службы, производительности, точности, коэффициента полезного действия и т. д.

По формуле (1.3) относительный показатель качества рассчитывается тогда, когда увеличение абсолютного значения показателя соответствует ухудшению качества продукции. По этой формуле определяют относительный показатель для себестоимости расхода материала, топлива, энергии, содержания вредных примесей, массы, трудоемкости, параметра потока отказов и других, так как в этих случаях улучшение качества определяется уменьшением абсолютного значения единичного показателя.

Встречаются случаи, когда трудно оценить уровень качества. В таких ситуациях все показатели целесообразно делить по значимости на две группы. В первую группу следует включить показатели, определяющие наиболее существенные свойства продукции, а во вторую – второстепенные. Если в первой группе все относительные показатели больше или равны единице, а во второй – большая часть показателей меньше единицы, то можно сказать, что уровень качества оцениваемой продукции не ниже базового образца. В противном случае оценку уровня качества необходимо проводить другим методом (например, комплексным).

*Комплексный метод* оценки уровня качества предусматривает использование комплексного (обобщенного) показателя качества. Этот метод применяется в случаях, когда оказывается целесообразным выразить уровень качества только одним числом. Уровень качества по комплексному методу



определяется отношением обобщенного показателя качества оцениваемой продукции  $Q_{\text{оц}}$  к обобщенному показателю базового образца  $Q_{\text{баз}}$ , т. е.

$$Q = \frac{Q_{\text{оц}}}{Q_{\text{баз}}}.$$

Сложность комплексной оценки заключается в объективном нахождении обобщенного показателя. Во всех случаях, когда имеется возможность выявления характера взаимосвязей между учитываемыми показателями и коэффициентами их связей с обобщающими показателями качества оцениваемой продукции, следует определить их функциональную зависимость. Вид зависимости может определяться любым из возможных методов, в том числе и экспертным. Обычно в этих случаях за обобщающий показатель принимается один из главных показателей назначения продукции. Таковыми могут быть, например, производитель машин, удельная себестоимость, ресурс и т. д.

Дифференциальный и комплексный методы оценки уровня качества продукции не всегда решают поставленные задачи. При оценке сложной продукции, имеющей широкую номенклатуру показателей качества, с помощью дифференциального метода практически невозможно сделать конкретный вывод, а использование только одного комплексного метода не позволяет объективно учесть все значимые свойства оцениваемой продукции.

В этих случаях для оценки уровня качества продукции применяют единичные и комплексные показатели качества, одновременно используя и комплексный и дифференциальный методы. Сущность и последовательность оценки комплексным методом заключается в следующем:

- единичные показатели качества объединяют в ряд групп, для которых определяют групповой комплексный показатель качества. Наиболее значимые единичные показатели можно не включать в группы, а рассматривать отдельно. Объединение показателей в группы должно производиться вне зависимости от цели оценки;
- найденные величины групповых комплексных и отдельно выделенных наиболее важных единичных показателей подвергают сравнению с соответствующими значениями базовых показателей, т. е. применяют принципы дифференциального метода.

С помощью измерений обычно (но не всегда) определяются единичные показатели качества. Патентно-правовые и экономические показатели,

показатели однородности продукции, стандартизации и унификации получают расчетным путем. Таким же образом можно найти и комплексные показатели.

Сравнение показателей качества, значения которых измерены или получены расчетным путем, может производиться по шкале интервалов либо по шкале отношений. При сравнении показателей качества как по шкале интервалов, так и по шкале отношений характер их динамики меняется. Например, при сравнении показателей качества по шкале отношений характер их динамики учитывается следующим образом: отношение числовых значений показателей качества составляет так, чтобы при повышении качества (по сравнению с исходным) оно было больше единицы, при снижении – меньше единицы ((1.2), (1.3)).

Рассмотрим в качестве примера соответствие плавки одной из марок углеродистой стали (сталь 20) требованиям стандарта. Данные для стали приведены в табл. 1.3.

Таблица 1.3

Сравнительные показатели качества выплавленной стали (сталь 20)  
по отношению к требованиям стандарта

Показатель качества	Числовое значение показателя качества		Результат сравнения по шкале отношений
	Оцениваемая сталь	ГОСТ	
Предел текучести, МПа	352,8	323,4	1,1
Временное сопротивление, МПа	597,8	548,8	1,1
Относительное сопротивление, %	16	16	1,0
Содержание серы, %	0,04	0,04	1,0
Содержание фосфора, %	0,036	0,04	1,0
Отклонение допустимого содержания углерода, %	±0,01	±0,01	1,0
Отклонение допустимого содержания кремния, %	±0,02	±0,03	1,5
Отклонение допустимого содержания марганца, %	±0,03	±0,03	1,0

Результаты сравнения можно представить не только в виде таблицы, но и с помощью графика. На рис. 1.6 приведен график сравнения показателей качества по шкале отношений. Результаты сравнения значений показате-

телей качества по шкале отношений, приведенной в табл. 1.3 или на рис. 1.6, свидетельствуют о том, что качество стали рассматриваемой марки (сталь 20) выше требований стандарта.

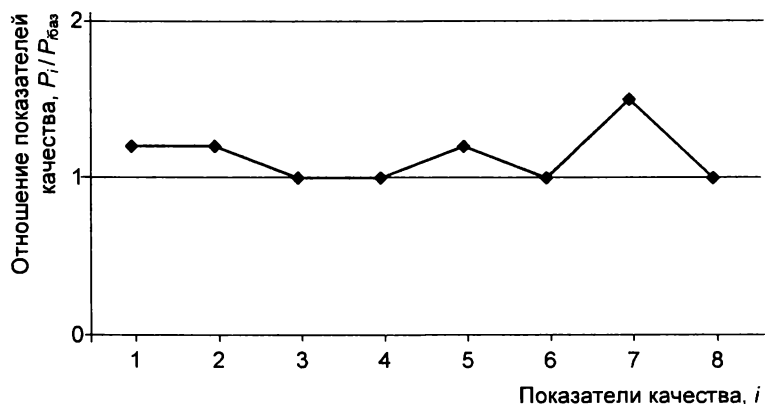


Рис. 1.6. Сравнение показателей качества по шкале отношений (профиль качества)

Относительная характеристика качества продукции, основанная на сравнении значений показателей качества оцениваемой (новой) продукции с базовыми значениями таких же показателей, определяет уровень качества продукции. На рис. 1.7 приведена схема оценки уровня качества продукции [8, с. 32].

Оценка технического уровня качества продукции заключается в установлении соответствия продукции мировому, региональному, национальному уровням качества или уровню отрасли. Соответствие оцениваемой продукции мировому уровню качества (или другим) устанавливается на основании сопоставления значений показателей технического совершенства продукции и базовых образцов.

Базовый образец – это образец продукции, представляющий передовые научно-технические достижения и выделяемый из группы аналогов оцениваемой продукции.

В результате оценки продукцию относят к одному из трех уровней:

- превосходит мировой уровень качества;
- соответствует мировому уровню качества;
- уступает мировому уровню качества.

Результаты оценки используют в процессе разработки новой или модернизированной продукции (при обосновании требований, закладываемых в техническое задание (ТЗ) и нормативную документацию (НД); принятии решения о постановке продукции на производство; обосновании целесообразности замены или снятия продукции с производства; при формировании предложений по экспорту и импорту).

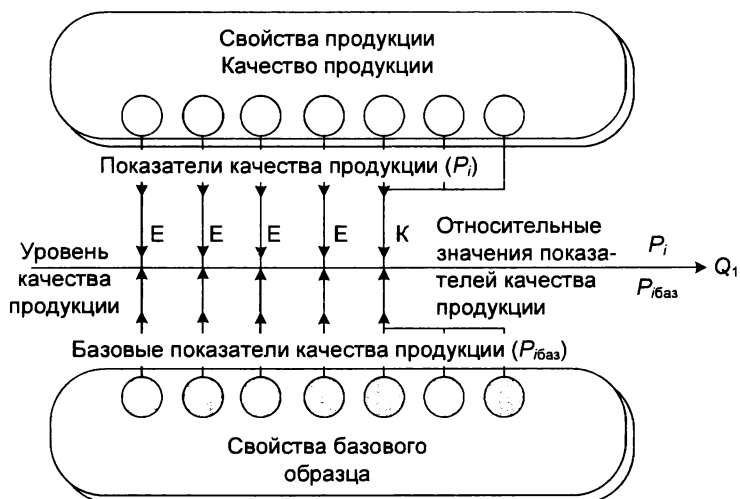


Рис. 1.7. Схема оценки уровня качества продукции:

Е – единичные показатели качества; К – комплексный показатель качества

Этапы оценки технического уровня продукции включают в себя:

1) *определение номенклатуры показателей, необходимой для оценки.*

Номенклатура показателей должна обеспечивать сопоставимость различных образцов одного вида, т. е. образцов продукции одного названия и области применения. Иначе говоря, номенклатуру показателей устанавливают исходя из целей оценки с учетом показателей, указанных в международных, национальных, зарубежных и отечественных стандартах, каталогах, проспектах, патентной и конъюнктурной экономической документации и т. п.

Номенклатура показателей включает в себя классификационные и оценочные показатели. *Классификационные* показатели характеризуют назначение и область применения данного вида продукции. Исходя из значений этих показателей образцы, имеющиеся на мировом рынке, относят к группе аналогов оцениваемой продукции. Для последующего сопоставления

оцениваемого и базового образцов они не используются, так как не характеризуют качество продукции. К ним относятся качественные признаки, обозначающие назначение товара или наличие дополнительных устройств, а также параметры, определяющие типоразмер продукции или ее класс.

*Оценочные* показатели применяются непосредственно для сопоставления оцениваемого образца с базовыми и характеризуют потребительские свойства, надежность, безопасность, экономичность и экологичность;

2) *формирование группы аналогов и установление значений их показателей*. Все включаемые в группу аналоги и оцениваемая продукция должны быть идентичны по назначению и области применения, т. е. иметь одинаковые значения классификационных показателей.

В эту группу входят следующие образцы:

- перспективные и экспериментальные образцы (при оценке разрабатываемой продукции), поступление которых на мировой рынок прогнозируется на период выпуска оцениваемой продукции;
- образцы, реализуемые на мировом рынке (при оценке выпускаемой продукции), значения показателей которых устанавливаются на основе имеющейся на них документации и (или) по результатам испытаний;

3) *выделение базовых образцов из группы аналогов*. В качестве базовых образцов выделяют лучшие из группы аналогов на основе метода последовательного попарного сопоставления всех аналогов по значениям оценочных показателей.

Выделение базовых образцов на основе метода попарного сопоставления аналогов осуществляется следующим образом:

- аналог не может быть признан образцом и исключается из последующих сопоставлений, если он уступает другому аналогу по совокупности оценочных показателей, т. е. уступает хотя бы по одному показателю, не превосходя его ни по какому другому из остальных показателей;
- оба аналога остаются для дальнейшего сопоставления с другими, если по одним показателям лучше первый аналог, а по другим – второй, при этом значения некоторых показателей у аналогов могут совпадать.

В результате попарного сопоставления аналогов остаются те, которые не уступают ни одному из оставшихся по совокупности оценочных показателей. Оставшиеся аналоги и являются базовыми образцами;

4) *сопоставление оцениваемого образца с базовыми* осуществляется поэтапно. На первом этапе проверяют соответствие продукции и значений

ее показателей международным стандартам, включая ограничения по показателям безопасности, экологии и т. п.; стандартам, техническим условиям (ТУ) и другим действующим нормативным документам на продукцию. Продукция, не соответствующая любому из этих требований, признается уступающей мировому уровню качества подобного товара. При выполнении указанных требований переходят ко второму этапу.

На втором этапе сопоставляют оцениваемую продукцию с каждым базовым образцом по значениям оценочных показателей на основе метода попарного сопоставления. При этом сопоставление может привести к одному из следующих результатов:

- оцениваемая продукция уступает базовому образцу, если она уступает ему хотя бы по одному из показателей;
- оцениваемая продукция превосходит базовый образец, если она превосходит его хотя бы по одному показателю, не уступая ему ни по одному из оставшихся показателей;
- оцениваемая продукция равноценна базовому образцу, если значения всех ее показателей совпадают со значениями показателей базового образца.

Если по одним показателям оцениваемая продукция уступает базовому образцу, а по другим его превосходит, то считается, что результат сопоставления не определен.

Результат сопоставления оцениваемой продукции с совокупностью базовых образцов на этом этапе может быть приведен к трем градациям:

- продукция превосходит мировой уровень качества, если она превосходит каждый образец;
- продукция соответствует мировому уровню качества, если она равноценна хотя бы одному базовому образцу;
- продукция уступает мировому уровню качества, если она уступает каждому базовому образцу.

Следует отметить, что продукцию в любом случае относят к одной из трех градаций. При этом в случае, когда оцениваемая продукция превосходит хотя бы один (но не каждый базовый образец), она не уступает мировому уровню качества; если же она уступает хотя бы по одному (но не каждому базовому образцу), она не превосходит мировой уровень качества. В том и другом случае имеется неопределенность отнесения к одной из трех градаций.

Если в результате сопоставления оцениваемой продукции с каждым базовым образцом и (или) с совокупностью базовых образцов выявлена неопределенность отнесения продукции к градациям, то проводят следующие этапы сопоставления. По итогам проведения этих этапов оценки технического уровня продукции дают заключение о принадлежности продукции к одной из трех градаций.

В случае, когда не существует аналогов оцениваемой продукции, она считается соответствующей мировому уровню качества, если данная продукция характеризуется принципиально новыми техническими решениями, которые защищены авторскими свидетельствами и (или) патентами. В заключение в зависимости от поставленных целей и полученных результатов подготавливают предложения для принятия решения по разработке, постановке на производство и совершенствованию продукции.

### **1.5. Статистические методы оценки уровня качества продукции**

Современные требования к проверке (аудиту) качества продукции, сформированные в ГОСТ Р ИСО 9004–2010, сводятся к тому, что технический контроль и испытания готовой продукции должны проводиться в определенных точках производственного процесса [14]. Проверка должна осуществляться в тех точках, где возникает контролируемая характеристика производимой продукции и может включать в себя проведение следующих проверок:

- наладку и технический контроль первой детали;
- технический контроль или испытание, проводимые станочником;
- автоматический технический контроль и испытания;
- контроль в определенных точках через определенные интервалы в течение всего производственного процесса;
- несистематический (летучий) контроль, проводимый инспекторами, отвечающими за выполнение отдельных операций.

Для окончательного контроля готовой продукции ГОСТ ИСО 9004–2010 рекомендует применять один или одновременно два метода:

- приемочный контроль или испытания, подтверждающие соответствие единиц продукции или всей партии продукции эксплуатационным требованиям и другим характеристикам качества. Может иметь место сплошная проверка, выборочный контроль по партиям или непрерывный выборочный контроль;

- проверка качества готовой к отправке продукции методом выборочного контроля из партии готовой продукции как на непрерывной, так и на периодической основе.

Приемочный контроль и проверка качества продукции могут быть использованы для обеспечения быстрой обратной связи с целью корректировки как готовой продукции, так и самого производственного процесса. В то же время статистический контроль качества в ряде случаев является единственно возможным методом контроля (если контроль связан с разрушением продукции).

В системе управления качеством продукции важнейшую роль играют статистические методы анализа и управления качеством продукции. Однако к этим методам нужно предъявлять следующие требования: процедуры сбора статистических данных должны быть достаточно простыми и не требовать для их использования специальных знаний; результаты обработки и анализа полученной информации должны позволить специалистам оперативно анализировать и совершенствовать производственный процесс с достаточной точностью и быстротой.

В настоящее время для анализа и управления качеством продукции сформировались основные подходы применения статистических методов:

- статистический анализ качества;
- статистическое регулирование технологических процессов;
- статистический контроль качества;
- статистическая оценка качества.

*Статистический анализ качества* применяется для установления свойств случайного процесса в конкретных условиях производства.

Качество продукции зависит от большого числа взаимосвязанных и не зависимых друг от друга факторов, имеющих как закономерный, так и случайный характер. Например, для машиностроительной продукции к числу таких факторов относят точность оборудования; жесткость системы «станок – приспособление – инструмент – деталь»; посторонние включения в материал заготовки; температурные колебания; квалификацию обслуживающего персонала; погрешность режущего инструмента; режимы механической обработки; точность соблюдения параметров предварительной термической обработки и др.



В технологическом процессе механической обработки поверхности детали все эти факторы присутствуют одновременно. Получаемые в результате изготовления нормированные параметры качества деталей имеют определенный разброс, ограничиваемый, как правило, допусками на изготовление деталей, формой, расположением и шероховатостью поверхности. Цель применения статистических методов анализа качества – выявление степени влияния случайных и (или) закономерных факторов на показатели качества. Если влияние факторов случайного характера является преобладающим, технологический процесс называется статистически управляемым и тогда использование статистических методов контроля качества и хода технологических процессов становится возможным. Если в технологическом процессе преобладают факторы неслучайного характера (например, жесткость в системе «станок – приспособление – инструмент – деталь»), процесс называется статистически неуправляемым, и тогда применение остальных из вышеперечисленных статистических методов становится невозможным до выявления причин несоответствия и минимизации степени влияния неслучайных факторов. После выявления этих причин вновь повторяют процедуру статистического анализа вплоть до достижения статистической управляемости процесса.

Применение статистического анализа качества должно в обязательном порядке предшествовать внедрению подобных методов приемочного контроля и регулирования технологических процессов.

С помощью статистического анализа качества решаются следующие задачи:

- определение точности и стабильности технологического процесса (без чего статистический контроль и статистическое регулирование невозможны);

- установление характера различия средних значений (случайного и неслучайного) одного и того же параметра качества изделий или его рассеяния, изготавливаемых в различных условиях производства (например, на различном оборудовании или в различные смены);

- оценка степени влияния (корреляции) двух или более факторов на показатели качества продукции;

- выявление факторов, существенно влияющих на изменение параметров качества, и факторов, которыми можно пренебречь;

- выявление изменения параметров качества во времени и характера (случайного или неслучайного) этого изменения и т. д.

*Статистическое регулирование технологических процессов* – это управление качеством продукции в процессе производства путем своевременного вмешательства в технологический процесс (настройка, изменение режима работы оборудования, корректировка и т. п.). Статистическое регулирование качества применяется при регулировании технологических процессов для обеспечения их стабильности и предупреждения возникновения брака, т. е. в ходе производства организуется выборочный контроль изготавливаемой продукции, по результатам которого оперативно корректируются параметры технологического процесса, предупреждается выпуск дефектного продукта. Статистическое регулирование технологических процессов производится либо по количественному, либо по качественному, либо по альтернативному признакам. В первом случае основанием для принятия решения о вмешательстве в ход технологического процесса для его наладки служит несоответствие количественных значений параметров качества требованиям технологической документации; во втором – соотношение между численностью объектов в нескольких, заранее установленных группах изделий, отличающихся по качеству; в третьем – соотношение числа годных и негодных изделий в выборке.

Статистическое регулирование технологических процессов нашло отражение в ряде действующих государственных и международных стандартов.

*Статистический контроль качества или приемочный контроль.* Приемочному контролю подвергается продукция, по которой завершены все или часть технологических операций, и в случае необходимости принятия решения о ее годности. Данный вид контроля применяется при входном приемочном и инспекционном контроле, при периодических, типовых испытаниях, проводимых по требованию заказчика.

Сущность статистического приемочного контроля состоит в том, что на основе ограниченного числа проверок или контроля части изделий (выборки) с требуемой точностью принимается решение о качестве всей партии изделий. В отличие от статистического регулирования, при статистическом приемочном контроле качества продукции принимают решение не о состоянии технологического процесса, а о приемке или браковке продукции.

Различают четыре основных метода приемочного контроля: одноступенчатый; двухступенчатый; многоступенчатый; последовательный.

При одноступенчатом контроле решение относительно приемки партии принимают по результатам контроля только одной выборки. Его применяют, когда стоимость контроля небольшая, длительность испытаний велика, а партия не может быть задержана до окончания контроля.

Двухступенчатый контроль характеризуется тем, что решение о приемке партии продукции производится по результатам контроля не более двух выборок, причем необходимость второй определяется по результатам контроля первой выборки. Такой план контроля применяют, когда одноступенчатый контроль не используется из-за небольшого объема выборки, а многоступенчатый – из-за бóльшей продолжительности.

При многоступенчатом контроле решение принимают по результатам контроля нескольких заранее установленных выборок, причем необходимость отбора каждой последующей выявляется по результатам контроля предыдущей. Этот план контроля применяют при большой стоимости испытаний и при небольшом промежутке времени для отбора выборок.

Последовательный контроль отличается от многоступенчатого лишь тем, что максимальное количество выборок заранее не устанавливают. Его применяют, когда объем выборки невелик, а стоимость отбора в выборку мала.

*Статистическая оценка уровня качества* продукции является методом прикладной статистики, и ее применяют при определении значений показателей качества продукции и процессов, влияющих на ее качество; а также при планировании качества; разработке нормативов, закладываемых в технические требования; оценке поставщика и др.

Здесь необходимо учитывать, что оценка качества машиностроительной продукции практически невозможна без проведения соответствующих измерений. Вопросами теории и практики обеспечения единства измерений занимается метрология. Проблема обеспечения высокого качества продукции находится в прямой зависимости от уровня метрологического обслуживания производства. Это, прежде всего, умение правильно измерять параметры качества материалов и комплектующих изделий, поддерживать заданные технологические режимы, т. е. измерять множество параметров технологических процессов, результаты измерений которых преобразуются в управляющие команды. В результате роль измерений в повышении качества продукции заключается не только в контроле качества, но и в обеспечении необходимых показателей качества в самом технологическом процессе с помощью средств активного контроля.

### ***Вопросы и задания для самоконтроля***

1. Что понимается под свойствами продукции?
2. Назовите признаки классификации и группы показателей качества продукции.
3. В чем сущность основных аспектов понимания категории «качество»?
4. Назовите основные этапы жизненного цикла продукции.
5. Какие разделы технического задания на создание новой продукции являются обязательными при его разработке?
6. Каковы методы определения показателей качества продукции?
7. С какой целью строят профиль качества при оценке новой продукции?
8. Какие задачи по повышению качества решаются на различных стадиях жизненного цикла продукции?
9. С какой целью проводят статистический анализ качества?
10. В чем суть статистических методов приемочного контроля готовой продукции?

## **Глава 2. МЕТРОЛОГИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ОЦЕНКИ СООТВЕТСТВИЯ КАЧЕСТВА МАШИНОСТРОИТЕЛЬНОЙ ПРОДУКЦИИ**

Для количественного определения (измерения) того или иного параметра, характеристики продукции, процесса, явления, т. е. любого объекта измерения, необходимо следующее: выбрать параметры, характеристики, которые определяют интересующие нас свойства объекта; установить степень достоверности, с которой следует определять выбранные параметры; установить допуски, нормы точности и т. д.; выбрать методы и средства измерений для достижения требуемой точности; обеспечить готовность средств измерений выполнять свои функции привязкой данных средств к соответствующим эталонам (посредством периодической поверки, калибровки средств измерений); обеспечить учет или создание требуемых условий проведения измерений; обеспечить обработку результатов измерений и оценку характеристик погрешностей.

Перечисленные положения представляют собой своеобразную цепь, изъятие из которой какого-либо звена неизбежно приведет к получению недостоверной информации, и, как следствие, к значительным экономическим потерям и принятию ошибочных решений.

### **2.1. Основные понятия и определения метрологии**

Возможность применения результатов измерений для правильного и эффективного решения любой измерительной задачи определяется следующими тремя условиями:

- результаты измерений выражаются в законных (установленных законодательством России) единицах;
- значения показателей точности результатов измерений известны с необходимой заданной достоверностью;
- значения показателей точности обеспечивают оптимальное в соответствии с выбранными критериями решение задачи, для которой эти результаты предназначены (при этом результаты измерений получены с требуемой точностью).

Если результаты измерений удовлетворяют первым двум условиям, то о них известно все, что необходимо знать для принятия обоснованного

решения о возможности их использования. Такие результаты можно сопоставлять, они могут использоваться в различных сочетаниях, различными людьми и организациями. В этом случае говорят, что обеспечено единство измерений, представляющее собой такое состояние измерений, при котором их результаты выражены в узаконенных единицах и погрешности результатов не выходят за установленные границы с заданной вероятностью.

Третье из перечисленных выше условий определяет требование к точности применяемых методов и средств измерений. Недостаточная точность измерений приводит к увеличению ошибок контроля и, следовательно, к экономическим потерям. Завышенная точность измерений требует затрат на приобретение более дорогих средств измерений. Поэтому данное требование является не только метрологическим, но и экономическим, поскольку оно связано с затратами и потерями при проведении измерений (затраты и потери – это экономические критерии).

Если при измерениях соблюдаются все три условия (обеспечивается единство и требуемая точность измерений), то говорят о *метрологическом обеспечении*, под которым понимается установление и применение научных и организационных основ, технических средств, правил и норм, необходимых для достижения единства и требуемой точности измерений.

Основные цели метрологического обеспечения [15]:

- повышение качества продукции, эффективности управления производством и уровня автоматизации производственных процессов;
- обеспечение достоверного учета и повышение эффективности использования материальных ценностей и энергетических ресурсов;
- повышение эффективности мероприятий по профилактике, диагностике и лечению болезней, нормированию и контролю условий труда и быта людей, охране окружающей среды, оценке и рациональному учету использования природных ресурсов;
- повышение эффективности международного научно-технического, экономического и культурного сотрудничества.

Техническими основами метрологического обеспечения являются следующие:

- система государственных эталонов единиц физических величин;
- система передачи размеров единиц физических величин от эталона всем средствам измерений с помощью образцовых средств измерений и других средств поверки;

- система разработки, постановки на производство и выпуска в обращение рабочих средств измерений, обеспечивающих определение с требуемой точностью характеристик продукции, технологических процессов и других объектов;

- система обязательных государственных испытаний средств измерений;
- система стандартных образцов состава и свойств веществ и материалов.

Научной основой метрологического обеспечения является *метрология* – наука об измерениях, методах и средствах обеспечения их единства и способах достижения требуемой точности.

Необходимо отметить, что на сегодняшний день диапазон измеряемых величин и их количество постоянно растут. С расширением диапазона измеряемых величин возрастает и сложность измерений, которые превращаются в трудоемкую процедуру подготовки и проведения измерительного эксперимента, обработки и интерпретации полученной информации [16].

Современная метрология включает в себя три составляющие: законодательную метрологию, фундаментальную (научную) и практическую (прикладную).

*Законодательная метрология* – раздел метрологии, включающий в себя комплексы взаимосвязанных и взаимообусловленных общих правил, а также другие вопросы, нуждающиеся в регламентации и контроле со стороны государства, направленные на обеспечение единства измерений и единообразия средств измерений. Этот раздел метрологии является способом государственного регулирования метрологической деятельности посредством законов и законодательных положений, которые вводятся в практику через Государственную метрологическую службу и метрологические службы государственных органов управления и юридических лиц. К области законодательной метрологии относятся испытания и утверждение типа средств измерений, их поверка, калибровка и сертификация, государственный метрологический контроль и надзор за средствами измерений.

Метрологические правила и нормы законодательной метрологии гармонизированы с рекомендациями и документами соответствующих международных организаций. Тем самым законодательная метрология способствует развитию международных экономических и торговых связей и содействует взаимопониманию в международном метрологическом сотрудничестве [17].

Предметом *фундаментальной метрологии* являются метрологические и общеметодические проблемы, относящиеся к единицам физических величин, созданию системы эталонов, методам обеспечения единства измерений.

*Прикладная метрология* базируется на практическом применении разработок фундаментальной метрологии, положений законодательной метрологии и включает в себя практическую деятельность по поверке и контролю средств измерений, в том числе эталонов.

Понятие «измерение» как основной объект метрологии является важным техническим термином, которой должен использоваться в совершенно определенном смысле.

*Измерением* называют совокупность операций, выполняемых с помощью технического средства, хранящего единицу величины и позволяющего сопоставить с ней измеряемую величину. Полученное значение величины есть *результат измерений*, а техническое устройство, используемое при измерениях и имеющее нормированные метрологические характеристики, есть *средство измерения*. Прием или совокупность приемов сравнения измеряемой физической величины с ее единицей измерения в соответствии с реализованным принципом измерения называется *методом измерений* [18].

Одна из главных задач метрологии – обеспечение единства измерений. Она может быть решена при соблюдении двух основополагающих условий.

1. Выражение результатов измерений в единых узаконенных единицах (физических величинах).

*Физической величиной* называют одно из свойств физического объекта (явления, процесса), которое является общим в качественном отношении для многих физических объектов, отличаясь при этом количественным значением. Так, свойство «прочность» в качественном отношении характеризует такие материалы, как сталь, дерево, ткань, стекло и многие другие, в то время как степень (количественное значение) прочности – величина для каждого из этих материалов совершенно разная. Для выполнения практических измерений указанного определения недостаточно. Поэтому дополнительно применяют понятия, которые отражают количественную сторону свойств объектов.

Размер физической величины – ее количественная определенность, присущая конкретному материальному объекту, системе, явлению или процессу. Это то, что необходимо определить при каждом измерении и сравнить с размером единицы измерения.



Значение физической величины – выражение ее размера в виде некоторого числа принятых для нее единиц измерения. Совокупность физических величин в соответствии с принятыми принципами, когда одни величины принимаются за независимые, а другие являются их функциями, называется *системой физических величин*. Физические величины делят на основные и производные.

Генеральная конференция по мерам и весам (ГКМВ) в 1954 г. определила шесть основных единиц физических величин для их использования в международных отношениях: метр, килограмм, секунда, ампер, градус Кельвина и свеча. XI ГКМВ в 1960 г. утвердила Международную систему единиц, обозначаемую SI (от начальных букв французского названия *Système International d' Unites*). На русском языке эта система обозначается как СИ, она введена ГОСТ 8.417–2002 [19]. В последующие годы ГКМВ приняла ряд дополнений и изменений, в результате чего в системе СИ стало семь основных единиц и ряд производных, а также разработала следующие определения основных единиц:

- *единица длины – метр (м)* – длина пути, которую проходит свет в вакууме за  $1/299792458$  долю секунды;

- *единица массы – килограмм (кг)* – масса, равная массе международного прототипа килограмма, хранящегося в Международном бюро мер и весов (МБМВ);

- *единица времени – секунда (с)* – период времени, продолжительность которого соответствует  $9192631770$  периодам излучения, а также переходу между двумя сверхтонкими уровнями основного состояния атома цезия-133 при отсутствии возмущения со стороны внешних полей;

- *единица силы электрического тока – ампер (А)* – сила неизменяющегося тока, который при прохождении по двум параллельным проводникам бесконечной длины и ничтожно малого кругового сечения, расположенным на расстоянии 1 м один от другого в вакууме, создал бы между этими проводниками силу, равную  $2 \cdot 10^{-7}$  Н на каждый метр длины;

- *единица термодинамической температуры – кельвин (К)* –  $1/273,16$  часть термодинамической температуры тройной точки воды. Допускается также применение шкалы Цельсия;

- *единица количества вещества – моль (М)* – количество вещества системы, содержащей столько же структурных элементов, сколько атомов содержится в нуклиде углерода-12 массой  $0,012$  кг;

• *единица силы света – кандела (кд)* – сила света в заданном направлении источника, испускающего монохроматическое излучение частотой  $540 \cdot 10^{12}$  Гц, энергетическая сила которого в этом направлении составляет  $1/683$  Вт/ср<sup>2</sup>.

Приведенные определения дают представление о природном, естественном происхождении принятых единиц, толкование которых уточнялось по мере развития науки. Это дало возможность, с одной стороны, представить основные единицы как достоверные и точные, а с другой – как объяснимые и понятные для всех стран мира, что является главным условием для того, чтобы данная система единиц стала международной. Кроме основных в системе СИ используются и производные единицы.

Производная физическая величина – физическая величина системы величин, определяемая через основные величины этой системы. Единицы измерения основных величин получают на основе использования законов природы, связывающих определяемую величину с другими (таблица).

Производные единицы системы СИ, имеющие собственные наименования

Величина	Единица измерения	Обозначение	Выражение через другие единицы
Частота	герц	Гц	с <sup>-1</sup>
Сила	ньютон	Н	м · кг · с <sup>-2</sup>
Давление	паскаль	Па	Н/м <sup>2</sup>
Энергия, работа, количество теплоты	джоуль	Дж	Н · м
Мощность	ватт	Вт	Дж/с
Количество электричества, электрический заряд	кулон	Кл	А · с
Электрическое напряжение	вольт	В	Вт/А
Электрическая емкость	фарад	Ф	Кл/В
Электрическое сопротивление	ом	Ом	В/А
Электрическая проводимость	сименс	См	А/В
Поток магнитной индукции	вебер	Вб	В · с
Магнитная индукция	тесла	Т	Вб/м <sup>2</sup>
Индуктивность	генри	Г	Вб/А
Световой поток	люмен	Лм	–
Освещенность	люкс	Лк	–
Активность нуклида	беккерель	Бк	с <sup>-1</sup>
Доза излучения	грей	Гр	м <sup>2</sup> · с <sup>-2</sup>

2. Установление допустимых ошибок (погрешностей) результатов измерений и пределов, за которые они не должны выходить при заданной вероятности.

*Погрешностью* называют отклонение результата измерений от действительного (истинного) значения измеряемой величины. При этом следует иметь в виду, что истинное значение физической величины считается неизвестным и применяется в теоретических исследованиях; действительное значение физической величины устанавливается экспериментальным путем в предположении, что результат эксперимента (измерения) в максимальной степени приближается к истинному значению. Погрешности измерений приводятся обычно в технической документации на средства измерений или в нормативных документах. Правда, если учесть, что погрешность зависит еще и от условий, в которых проводится само измерение, и от экспериментальной ошибки методики и субъективных факторов человека в случаях, когда он непосредственно участвует в измерениях, то можно говорить о нескольких составляющих погрешности измерений либо о суммарной погрешности [20].

Единство измерений, однако, не может быть обеспечено лишь совпадением погрешностей. Требуется еще и *достоверность измерений*, которая свидетельствует о том, что погрешность не выходит за пределы отклонений, заданных в соответствии с поставленной целью измерений. Также существует понятие *точности измерений*, которое характеризует степень приближения погрешности измерений к нулю, т. е. к истинному значению измеряемой величины.

Обобщает все эти положения современное определение понятия *единства измерений* – такого состояния измерений, при котором их результаты выражены в узаконенных единицах, а погрешности известны с заданной вероятностью и не выходят за установленные пределы.

Единство измерений обеспечивается их свойствами: сходимостью результатов измерений; воспроизводимостью этих результатов; и их правильностью.

*Сходимость* – это близость результатов измерений, полученных одним и тем же методом идентичными средствами измерений, а также близость к нулю случайной погрешности измерений.

*Воспроизводимость* результатов измерений характеризуется их близостью, когда они получены различными средствами измерений (естественно, одной и той же точности) и различными методами.

*Правильность* результатов измерений определяется правильностью как самих методик измерений, так и их использования в процессе измерений, а также близостью к нулю систематической погрешности измерений.

Необходимо также описать и такие метрологические понятия, как «контроль», «испытание» и «диагностирование».

*Контроль* – частный случай измерения, проводимый с целью установления соответствия измеряемой величины заданным пределам.

*Испытание* – воспроизведение в заданной последовательности определенных воздействий, измерение параметров испытываемого объекта и их регистрация.

*Диагностирование* – процесс распознавания состояния элементов объекта в данный момент времени. По результатам измерений, выполняемых для параметров, изменяющихся в процессе эксплуатации, можно прогнозировать состояние объекта для его дальнейшей эксплуатации.

Вся метрологическая деятельность в Российской Федерации опирается на конституционную норму, отраженную в ст. 71. Она устанавливает следующее: в федеральном ведении находятся стандарты, эталоны, метрическая система, закрепляющие централизованное руководство основными законами законодательной метрологии, такими как установление единиц физических величин, эталонов и связанных с ними метрологических основ. В рамках подтверждения этой конституционной нормы был принят ряд федеральных законов, устанавливающих основы метрологической деятельности в Российской Федерации [21].

## **2.2. Основы законодательной метрологии**

В 1993 г. в Российской Федерации был принят Закон РФ «Об обеспечении единства измерений». До этого, по существу, отсутствовали законодательные нормы в области метрологии. Правовые нормы устанавливались постановлениями правительства. По сравнению с положениями этих постановлений данный Закон установил немало нововведений в области терминологии, лицензирования метрологической деятельности в нашей стране [и др.]. Было определено четкое разделение функций государственного метрологического контроля и государственного метрологического надзора, пересмотрены правила калибровки, введена добровольная сертификация средств измерений и т. д.

Реорганизация государственных метрологических служб, необходимость которой диктовалась переходом нашей страны к рыночной экономике, фактически привела к значительному разрушению централизованной системы управления метрологической деятельностью и ведомственных служб. Появление различных форм собственности послужило причиной возникновения противоречий между обязательностью государственных испытаний средств измерений, их поверки, государственным надзором и возросшей степенью свободы субъектов хозяйственной деятельности. К этому добавились и другие проблемы, связанные с необходимостью для России интеграции в мировую экономику, вступления в Генеральное собрание по тарифам и торговле (ГАТТ) и во Всемирную торговую организацию (ВТО) и т. д. Таким образом, проблема пересмотра правовых, организационных и экономических основ метрологии стала весьма актуальной.

Метрология относится к такой сфере деятельности, в которой основные положения обязательно должны быть закреплены именно законом, принимаемым высшим законодательным органом страны. В самом деле, юридические нормы, непосредственно направленные на защиту прав и интересов потребителей, в правовом государстве регулируются стабильными законодательными актами. В связи с этим положения по метрологии, действовавшие до введения Закона «Об обеспечении единства измерений», применяются лишь в той части, которая не противоречит данному Закону.

Рассмотрим основные положения Закона «Об обеспечении единства измерений» [22].

Цели Закона состоят в следующем:

- установление правовых основ обеспечения единства измерений в Российской Федерации;
- защита прав и законных интересов граждан, общества и государства от отрицательных последствий недостоверных результатов измерений;
- обеспечение потребности граждан, общества и государства в получении объективных, достоверных и сопоставимых результатов измерений, используемых в целях защиты жизни и здоровья граждан, охраны окружающей среды, животного и растительного мира, обеспечения обороны и безопасности государства, в том числе экономической безопасности;
- содействие развитию экономики Российской Федерации и научно-техническому прогрессу.

Особенность данного Закона в отличие от зарубежных законодательных положений по метрологии заключается в том, что, несмотря на основ-

ные сферы его применения (торговля, здравоохранение, защита окружающей среды, внешнеэкономическая деятельность), он распространяется и на некоторые области производства в части калибровки средств измерений метрологическими службами организаций с использованием эталонов, соподчиненных государственным эталонам единиц величин. Закон предоставляет право аккредитованным метрологическим службам юридических лиц выдавать сертификаты о калибровке от имени органов и организаций, которые их аккредитовали.

За рубежом в компетенцию федеральных органов власти входит только установление основ законодательства об обеспечении единства измерений. В отличие от практики зарубежных государств с федеративным устройством в РФ отношения, связанные с обеспечением единства измерений, регулируются лишь федеральными законодательными актами. Исключением является предоставление субъектам федерации в России возможности принимать нормативные акты по некоторым вопросам государственного метрологического контроля и надзора.

Закон «Об обеспечении единства измерений» устанавливает и законодательно закрепляет основные понятия, принимаемые для его целей: «единство измерений», «средство измерений», «эталон единицы величины», «государственный эталон единицы величины», «нормативные документы по обеспечению единства измерений», «метрологическая служба», «метрологический контроль и надзор», «поверка и калибровка средств измерений», «сертификат об утверждении типа средств измерений», «аккредитация на право поверки средств измерений», «сертификат о калибровке». В основу определений данных понятий положена официальная терминология Международной организации законодательной метрологии (МОЗМ). Основные статьи Закона «Об обеспечении единства измерений» устанавливают:

- организационную структуру государственного управления обеспечением единства измерений;
- нормативные документы по обеспечению единства измерений;
- единицы величин и государственные эталоны единиц величин;
- средства и методики измерений.

Закон определяет деятельность *Государственной метрологической службы* по обеспечению единства измерений, а также виды и сферы распределения государственного метрологического контроля и надзора. Отдельные статьи данного документа содержат положения по калибровке и серти-

фикации средств измерений и устанавливают виды ответственности за нарушение Закона. Закон определяет состав и компетенцию Государственной метрологической службы, подчеркивает межотраслевой и подведомственный характер ее деятельности (например, утверждение общероссийских нормативных документов). Межотраслевой характер деятельности закрепляет правовое положение Государственной метрологической службы, аналогичное другим межотраслевым и контрольно-надзорным органам государственного управления (Госатомнадзор, Госэнергонадзор, Госсанэпиднадзор и др.).

Характерной чертой правового положения Государственной метрологической службы является подчиненность по вертикали одному ведомству – Госстандарту России, в рамках которого она существует обособленно и автономно.

Становление рыночных отношений наложило отпечаток на статью данного Закона, которая определяет основы деятельности метрологических служб государственных органов управления и юридических лиц. Как отмечалось выше, в зарубежной практике вопросы деятельности структурных подразделений метрологических служб на предприятиях («промышленная метрология») выведены за рамки законодательной метрологии, а их деятельность стимулируется чисто экономическими методами. В России на сегодняшний день признана целесообразность сохранения законодательных положений, касающихся промышленной метрологии [18].

Специалисты отмечают также, что со временем утратит актуальность положение описываемого Закона о метрологических службах в государственных органах управления, поскольку уже сейчас заметны ослабление отраслевых органов управления и рост числа независимых юридических лиц.

Современный этап развития экономики в России вызывает трудности в реализации некоторых положений Закона (например, касающихся поверки и аккредитации соответствующих служб на право поверки, а также утверждения типа средств измерений), в связи с чем требуются дальнейшее совершенствование, актуализация, конкретизация законодательных положений. Но вместе с тем существуют, по крайней мере, три причины, которые требуют законодательного закрепления Российской системы измерений:

- использование неверных приборов или методик выполнения измерений, что ведет к нарушению технологических процессов, потерям энергетических ресурсов, аварийным ситуациям, браку и др.;

- значительные затраты на получение достоверных результатов измерений (в странах с развитой экономикой на измерения расходуется почти 6 % валового национального продукта);

- децентрализация управления экономикой, которая вызывает необходимость структурных изменений в метрологии.

Закон служит базой для создания в России новой системы измерений, которая сможет взаимодействовать с национальными системами измерений зарубежных стран. Это, прежде всего, необходимо для взаимного признания результатов испытаний и сертификации, а также для использования мирового опыта и тенденций в современной метрологии. Некоторые из них учтены в Законе «Об обеспечении единства измерений». Так, заменены устаревшие понятия и термины, трансформирована система поверки средств измерений: вместо государственной и ведомственной поверки, а также поверки аккредитованными службами юридических лиц введена единая поверка средств измерений. Требования к аккредитованным метрологическим службам и порядок их аккредитации в максимальной степени приближены к новым условиям и одновременно к обеспечению в этих условиях единства измерений.

В тех сферах, которые не контролируются государственными органами, создается *Российская система калибровки*, также направленная на обеспечение единства измерений.

Особо следует отметить введение *института лицензирования метрологической деятельности*, что обусловлено защитой прав потребителей. Положение о лицензировании охватывает сферы, подлежащие государственному метрологическому контролю и надзору. Право выдачи лицензии предоставлено исключительно органам Государственной метрологической службы.

В области государственного метрологического надзора введены новые виды надзора: надзор за количеством товаров, отчуждаемых при торговых операциях, а также за количеством товаров в упаковках любого вида при их расфасовке и продаже, что практикуется и в зарубежных странах. Основные цели внедрения этого нового для нашей страны надзора направлены на гарантированное соответствие применяемых в торговле средств измерений предъявляемым требованиям. Потому нарушение метрологических норм может быть следствием или некомпетентности или каких-либо злоупотреблений персонала.



Нововведением является также расширение сферы распространения государственного метрологического надзора на банковские, почтовые, налоговые, таможенные операции, а также на обязательную сертификацию продукции и услуг. Закон вводит добровольную *систему сертификации средств измерений на соответствие метрологическим нормам и правилам*, а также требованиям Российской системы калибровки средств измерений. Стимулом к этому послужили не только проблемы сохранения единства измерений в сферах, не подлежащих государственному метрологическому контролю, но и необходимость повышения качества и эффективности деятельности по созданию парка измерительных средств и защита интересов пользователей средств измерений.

Испытательная база сертификации в данной сфере уже практически существует, так как в России имеется как разветвленная сеть испытательных подразделений на базе организаций Госстандарта РФ, так и богатый опыт по проведению испытаний измерительной техники. Система добровольной сертификации средств измерений зарегистрирована Госстандартом в Государственном реестре. Все нормативные документы, используемые в системе, гармонизированы с международными правилами и нормами.

Наконец, Закон «Об обеспечении единства измерений» укрепляет правовую базу для международного сотрудничества в области метрологии, принципами которого являются:

- поддержка приоритетов международных договорных обязательств;
- содействие процессам присоединения России к ГАТТ и ВТО;
- сохранение авторитета российской метрологической школы в международных организациях;
- создание условий для взаимного признания результатов испытаний, проверок и калибровок в целях устранения технических барьеров в двусторонних и многосторонних внешнеэкономических отношениях.

Во исполнение принятого Закона Правительство РФ в 1994 г. утвердило ряд документов: «Положение о государственных научно-метрологических центрах», «Порядок утверждения положений о метрологических службах федеральных органов исполнительной власти и юридических лиц», «Порядок аккредитации метрологических служб юридических лиц на право проверки средств измерений», «Положение о метрологическом обеспечении обороны в Российской Федерации».

Эти документы вместе с указанным Законом являются основными правовыми актами по метрологии в России. Но следует иметь в виду, что метрологические службы федеральных органов управления не относятся к Государственной метрологической службе, так как их деятельность ограничивается одной отраслью (одним ведомством), а сами органы являются объектами государственного метрологического контроля и надзора.

### **2.3. Метрологическое обеспечение производства**

Достижение высокого качества продукции и обеспечение точности и взаимозаменяемости деталей или сборочных единиц невозможно без метрологического обеспечения производства. *Метрологическое обеспечение* – установление и применение научных и организационных основ, технических средств, правил и норм, необходимых для достижения единства и требуемой точности измерений.

Юридическую основу метрологического обеспечения составляет описанный в предыдущей главе Закон РФ «Об обеспечении единства измерений», а также нормативные документы Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии (Федерального агентства) как организации, на которую правительством возложено проведение единой государственной технической политики в области метрологии.

Научно-техническую основу метрологического обеспечения составляют следующие системы:

- система государственных эталонов единых физических величин;
- передачи размеров единиц физических величин от эталонов к рабочим средствам измерений;
- государственных испытаний средств измерений, их поверки и калибровки;
- обязательной государственной поверки или метрологической аттестации средств измерений, эксплуатации и ремонта;
- система стандартных образцов состава и свойств веществ и материалов, обеспечивающих воспроизведение единиц величин, характеризующих состав и свойства веществ и др.

Организационные основы метрологического обеспечения составляют государственные и ведомственные метрологические службы (рис. 2.1, 2.2).

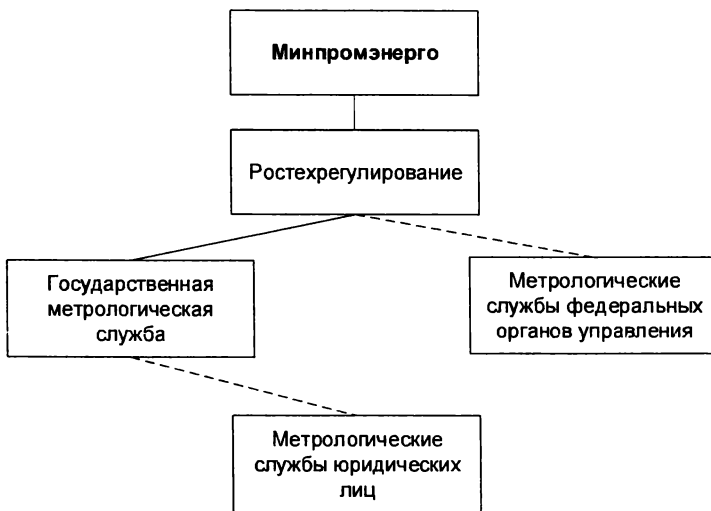


Рис. 2.1. Структура метрологической службы РФ

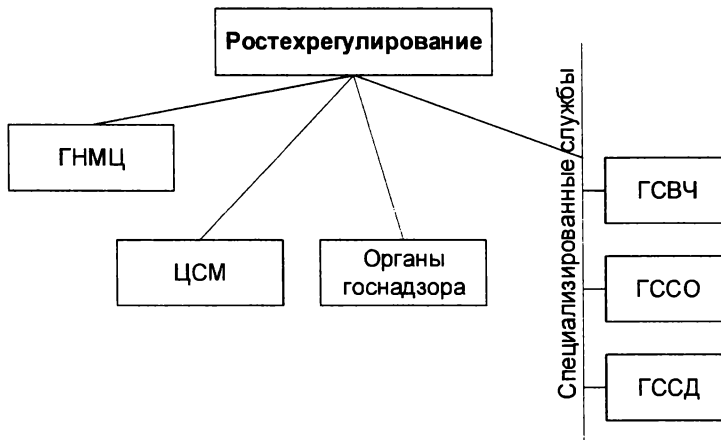


Рис. 2.2. Общая структура Государственной метрологической службы

В состав Государственной метрологической службы, осуществляющей свою деятельность под руководством Федерального агентства, входят:

- государственные научные метрологические центры (ГНМЦ)<sup>1</sup>, осуществляющие создание, совершенствование и хранение государственных эталонов, а также проводящие исследовательские работы по научным основам метрологии;

- федеральные государственные учреждения, центры стандартизации, метрологии и сертификации (ФГУ ЦСМ) осуществляют деятельность, относящуюся к прикладной метрологии, основное содержание которой составляют поверки огромной номенклатуры средств измерений и аккредитация физических лиц и лабораторий на право поверки средств измерений;

- Государственная служба стандартных образцов состава и свойств веществ и материалов (ГССО), отвечающая за создание и внедрение стандартных образцов состава и свойств веществ и материалов с целью обеспечения единства измерений;

- Государственная служба стандартных справочных данных о физических константах и свойствах веществ и материалов (ГССД), осуществляющая информационное обеспечение организаций;

- Государственная служба времени и частоты и определения параметров вращения Земли (ГСВЧ) – сеть организаций, несущих ответственность за воспроизведение и хранение единиц времени и частоты и передачу их размеров, а также за обеспечение потребности народного хозяйства соответствующей информацией.

Территориальные органы Федерального агентства расположены в Москве и Санкт-Петербурге, а также в республиках, краях, областях Российской Федерации. Основное направление их деятельности составляет обеспечение единства измерений в стране, включая хранение вторичных эталонов, государственный надзор за применяемыми на производстве средствами измерений, аккредитацию метрологических поверок на производстве.

В соответствии с действующим в настоящее время положением, все средства измерений, предназначенные для серийного производства, ввоза из-за границы партиями и выпуска в обращение в России, подлежат обязательным государственным испытаниям в органах Государственной метрологической службы.

---

<sup>1</sup> Аббревиатуры ГНМЦ, ФГУ ИСМ, ГССО, ГССД, ГСВЧ приводятся в связи с их использованием в технической документации.

Цель испытаний – обеспечение высокого технического уровня отечественного приборостроения и соответствия характеристик средств измерений современным требованиям мирового рынка, а также установление оптимальной номенклатуры средств измерений, обеспечивающих потребности страны, развитие ее метрологической базы, высокую степень унификации и стандартизации средств измерений, а также развитие специализации и кооперирования при их производстве. Кроме того, государственные контрольные испытания способствуют своевременной подготовке метрологической службы нашей страны к обслуживанию средств измерений при их выпуске и при эксплуатации.

В процессе государственных контрольных (приемочных) испытаний определяют [23]:

- соответствие средств измерений требованиям стандартов; соответствие технических характеристик средств измерения требованиям технического задания;
- возможность метрологического обслуживания и обеспечения нормированных значений метрологических характеристик испытуемых приборов при их серийном производстве и эксплуатации;
- метрологические характеристики, подлежащие контролю при выпуске средств измерений из производства и при их эксплуатации;
- рекомендуемую периодичность контроля.

Государственные контрольные испытания проводятся также с целью проверки соответствия выпускаемых производством или ввозимых из-за границы средств измерения утвержденному Федеральным агентством типу, требованиям стандартов и технических условий.

В Российской Федерации действует система метрологического надзора за средствами измерений, обеспечивающая единство и достоверность измерений, систематическое совершенствование парка средств измерений, применяемых во всех отраслях народного хозяйства, а также внедрение новой измерительной техники и поддержание средств измерений в постоянной готовности к выполнению измерений.

К эксплуатации допускаются средства измерений, признанные по результатам метрологического надзора пригодными к применению. За надлежащее состояние и исправность средств измерений, правильность проводимых измерений, организацию и качество ведомственного надзора ответственность несут руководители предприятий, организаций и учреждений.

Метрологический надзор осуществляется проведением поверки средств измерений, метрологических ревизии и экспертизы.

Поверка средств измерений проводится для установления их пригодности к применению. Пригодными к применению признаются средства измерений, поверка которых, выполненная в соответствии с нормативными документами, подтверждает их соответствие требованиям этих документов.

Поверка подразделяется на первичную, периодическую, внеочередную и инспекционную. Первичная поверка – это первая поверка средств измерений, производимая при выпуске этих средств или при их ремонте. Периодической называется поверка средств измерений, осуществляемая при их эксплуатации и хранении через определенные промежутки времени.

Внеочередная поверка происходит при эксплуатации (хранении) средств измерений вне зависимости от сроков периодической поверки.

Инспекционная поверка проводится для выявления исправности средств измерений, выпускаемых из производства или ремонта и находящихся в обращении, при проведении метрологической ревизии на предприятиях, складах, базах снабжения и в торговых организациях.

Государственной или ведомственной поверке подлежат все средства измерений. Средства измерений, не прошедшие поверки, неисправные, и в том числе имеющие внешние повреждения или своевременно не поверенные, к эксплуатации не допускаются [24].

С целью метрологического обеспечения производства на предприятиях различных форм собственности создаются метрологические службы или службы главного метролога, которые должны быть аккредитованы органами Федерального агентства.

В понятие метрологического обеспечения производства входят научные и организационные основы, технические средства, правила и нормы, обеспечивающие полноту, точность и достоверность контроля качества продукции на всех этапах ее производства, необходимых для управления современным производством и обеспечения стабильного уровня качества продукции.

Метрологическое обеспечение охватывает все стадии жизненного цикла изделия, начиная с этапа научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ. На этом этапе определяются, а затем закладываются в конструкторской и технологической документации параметры точности, обеспечивающие высокие эксплуатационные характеристики изделия и их

допуски; производится выбор и обоснование необходимых средств измерения и контроля. При этом устанавливаются следующие нормативы [23]:

- необходимая номенклатура контролируемых параметров комплектующих изделий, сырья, материалов, подлежащих входному контролю;
- возможность контроля этих параметров, а также наличие на предприятии необходимых средств и методов измерений и, при необходимости, приобретение соответствующей измерительной техники;
- наличие необходимой нормативно-технической документации и подготовленного обслуживающего персонала.

В случае необходимости конструктор или технолог могут выдать техническое задание на разработку новых средств контроля, измерений или испытаний параметров продукции или ее элементов.

Метрологические службы на предприятиях и в организациях в процессе производства проводят метрологический контроль и надзор за средствами измерений следующими способами:

- калибровка средств измерений;
- надзор за состоянием и применением средств измерений с соблюдением метрологических правил и норм, а также нормативных документов по обеспечению единства измерений;
- проверка своевременности предоставления средств измерений на поверку и калибровку;
- выдача обязательных предписаний, направленных на предотвращение, прекращение или устранение нарушений метрологических норм и правил;
- проведение метрологической экспертизы конструкторской и технологической документации и др.

В рамках метрологического обеспечения производства проводится метрологическая экспертиза конструкторской и технологической документации. Целями этой экспертизы являются анализ и оценка технических решений по выбору параметров, подлежащих измерению, по установлению норм точности и обеспечению методами и средствами измерений процессов разработки, изготовления, эксплуатации и по ремонту изделий.

Значение метрологического обеспечения производства для достижения высокого качества продукции определено рядом международных документов, соблюдение которых является одним из условий аккредитации системы качества на предприятии.

## 2.4. Средства измерений, их классификация, метрологические характеристики и выбор средств измерений

Для практического измерения единицы величины применяются технические средства, которые имеют нормированные погрешности и называются *средствами измерений*. Средства измерения принято классифицировать по виду, принципу действия и по метрологическому назначению [25].

Различают следующие виды средств измерений: меры и измерительные устройства, которые в свою очередь подразделяются на измерительные приборы и преобразователи; измерительные установки и системы.

*Мерой* называют средство измерения, предназначенное для воспроизведения физических величин заданного размера. К данному виду средств измерений относятся гири, концевые меры длины и т. п. На практике используют однозначные и многозначные меры, а также наборы и магазины мер. *Однозначные меры* воспроизводят величины только одного размера (например, гиря). *Многозначные меры* воспроизводят несколько размеров физической величины (например, миллиметровая линейка дает возможность выразить длину предмета в сантиметрах и в миллиметрах).

Наборы и магазины представляют собой объединение (сочетание) однозначных или многозначных мер для получения возможности воспроизведения некоторых промежуточных или суммарных значений величины. *Набором мер* называется комплект однородных мер разного размера, что дает возможность применять их в нужных сочетаниях (например, набор лабораторных гирь). *Магазин мер* – сочетание мер, объединенных конструктивно в одно механическое целое, в котором предусмотрена возможность посредством ручных или автоматизированных переключателей, связанных с отсчетным устройством, соединять составляющие магазин меры в нужном сочетании. По такому принципу устроены магазины электрических сопротивлений.

К однозначным мерам относят стандартные образцы и вещества. *Стандартный образец* – должным образом оформленная проба вещества (материала), которая подвергается метрологической аттестации с целью установления количественного значения определенной характеристики. Эта характеристика (или свойство) является величиной с известным значением при установленных условиях внешней среды (например, к подобным об-



разцам относятся наборы минералов с конкретными значениями твердости (шкала Мооса) для определения этого параметра у различных минералов). Примером стандартного образца является образец чистого цинка, который служит для воспроизведения температуры 419,527 °С по международной температурной шкале МТШ-90.

При пользовании мерами следует учитывать номинальное и действительное значения мер, а также погрешность меры и ее разряд. *Номинальным* называют значение меры, указанное на ней. *Действительное значение* меры должно быть указано в специальном свидетельстве как результат высокоточного измерения с использованием официального эталона. Разность между номинальным и действительным значениями называется *погрешностью меры*. Величина, противоположная по знаку погрешности, представляет собой поправку к указанному на мере номинальному значению. Поскольку при аттестации (поверке) также могут быть погрешности, меры подразделяют на разряды (1-го, 2-го разрядов и т. д.) и называют *разрядными эталонами* (образцовыми измерительными средствами), которые используют для поверки измерительных средств. Величина погрешности меры служит основой для разделения мер на классы, что обычно применимо к мерам, употребляемым для технических измерений.

С наиболее высокой точностью посредством мер воспроизводятся основные физические величины (длина, масса, частота, напряжение). Для линейных и угловых величин широко используются меры длины и угловые меры.

Меры длины по конструкционным признакам разделяют на концевые и штриховые. *Концевые меры длины* имеют форму цилиндрического стержня или прямоугольного параллелепипеда с двумя плоскими взаимно параллельными измерительными поверхностями, расстояние между которыми воспроизводит определенное значение длины. Они предназначены для передачи размера от эталона до изделия. С их помощью хранят и воспроизводят размер единицы длины, проверяют и градуируют меры и измерительные приборы (например, оптиметры, микрометры, штангенциркули и т. п.), проверяют калибры.

*Штриховые меры длины* – меры, у которых размер, выраженный в определенных единицах, а также размер их частей, определяется расстоянием между осями двух соответствующих штрихов (брусковые штриховые меры, измерительные линейки, рулетки). Штриховые меры длины используются в качестве вторичных и рабочих эталонов, образцовых мер длины

при поверке рабочих мер длины, в виде шкал измерительных устройств и станков, а также в инструментах для непосредственного измерения линейных размеров и расстояний.

Основные типы, параметры, размеры штриховых мер и технические требования к ним регламентированы ГОСТ 12069–90 «Меры длины штриховые брусковые. Технические условия». Штриховые меры изготавливают однозначными и многозначными. *Однозначные* штриховые меры длины имеют два штриха, нанесенных по концам меры, расстояние между которыми воспроизводит длину шкалы меры (например, вторичные эталоны длины) [26].

*Многозначные* штриховые меры имеют шкалу штрихов, нанесенных через определенные интервалы по всей длине меры или на отдельных ее участках. Шкалы таких многозначных штриховых мер изготавливают с дециметровыми, сантиметровыми или миллиметровыми делениями (например, линейки, рулетки, шкалы измерительных средств). В зависимости от точности изготовления действительной длины шкалы штриховых мер для различных интервалов шкал от 100 до 4 000 мм установлено шесть классов точности в порядке понижения точности: 0; 1; 2; 3; 4; 5.

Для метрологических целей применяют образцовые штриховые меры, которые аттестуют на следующие разряды: образцовые штриховые меры длиной 1 м 1-го и 2-го разрядов, образцовые измерительные рулетки 1-го и 2-го разрядов, образцовые шкалы 1-го и 2-го разрядов. По образцовым штриховым мерам 1-го разряда поверяют штриховые меры 2-го разряда и высокоточные рабочие средства измерений, по штриховым мерам 2-го разряда поверяют рабочие средства измерений (рулетки, линейки, шкалы измерительных приборов).

Призматические *угловые меры* предназначены для хранения и передачи единицы плоского угла, поверки и градуировки угломерных средств измерения, угловых шаблонов, а также для непосредственного контроля углов изделий. Эти меры применяют в качестве образцовых средств измерений для передачи размера угла рабочим мерам и угломерным приборам.

Образцовые многогранные призмы 1-го разряда класса точности 00 используют для передачи углового размера образцовым мерам 2-го разряда; образцовые угловые меры 2-го разряда класса точности 0 – для передачи углового размера образцовым мерам 3-го разряда; образцовые угловые меры 3-го разряда класса точности 1 – для передачи углового размера об-

разцовым мерам 4-го разряда. Передача размера единицы угла от эталона рабочим средствам измерений осуществляется по поверочной схеме или приведенной в ГОСТ 8.016–81 [27].

*Измерительные приборы* – это средства измерений, которые позволяют получать измерительную информацию в удобной для восприятия пользователем форме. Различаются измерительные приборы прямого действия и приборы сравнения.

*Приборы прямого действия* отображают измеряемую величину на показывающем устройстве, имеющем соответствующую градуировку в единицах этой величины. Изменения рода физической величины при этом не происходит. К приборам прямого действия относят, например, амперметры, вольтметры, термометры и т. п.

*Приборы сравнения* предназначаются для сравнения измеряемых величин с величинами, значения которых известны. Такие приборы широко используются в научных целях и на практике для измерения таких величин, как, например, яркость источников излучения, давление сжатого воздуха и др.

*Измерительный преобразователь* – это средство измерения, которое служит для преобразования сигнала измерительной информации в форму, удобную для обработки или хранения, а также для ее передачи в показывающее устройство. Измерительные преобразователи либо входят в конструктивную схему измерительного прибора, либо применяются совместно с ним, но сигнал преобразователя не поддается непосредственному восприятию наблюдателем. Например, преобразователь может быть необходим для передачи информации в память компьютера, для усиления напряжения и т. д. Преобразуемую величину называют входной, а результат преобразования – выходной величиной. Основной метрологической характеристикой измерительного преобразователя считается соотношение между входной и выходной величинами, называемое *функцией преобразования*.

Преобразователи подразделяются на первичные (непосредственно воспринимающие измеряемую величину), передающие, на выходе которых величина приобретает форму, удобную для регистрации или передачи на расстояние, и промежуточные, работающие в сочетании с первичными и не влияющие на изменение рода физической величины.

*Измерительные установки и системы* – это совокупность средств измерений, объединенных по функциональному признаку со вспомога-

ными устройствами, для измерения одной или нескольких физических величин объекта измерений. Обычно такие системы автоматизированы и обеспечивают ввод информации в систему, автоматизацию самого процесса измерения и обработку и отображение результатов измерений для восприятия их пользователем. Такие установки (системы) используют и для контроля (например, производственных процессов), что особенно актуально для метода статистического контроля в управлении качеством.

*Измерительные принадлежности* – это вспомогательные средства измерений величин. Они необходимы для вычисления поправок к результатам измерений, если требуется высокая степень точности. Например, термометр может быть вспомогательным средством, если показания прибора достоверны при строго регламентированной температуре; психрометр – если строго оговаривается влажность окружающей среды.

Следует учитывать, что измерительные принадлежности вносят в результат измерений определенные погрешности, связанные с погрешностью самого вспомогательного средства.

По метрологическому назначению средства измерений делят на два вида – рабочие средства измерений и эталоны. *Рабочие средства измерений* применяют для определения параметров (характеристик) технических устройств, технологических процессов, окружающей среды и др. Эти средства могут быть лабораторными (для научных исследований), производственными (для обеспечения и контроля заданных характеристик технологических процессов), полевыми (для самолетов, автомобилей, судов и т. п.). Каждый из этих видов рабочих средств отличается особыми показателями. Так, лабораторные средства измерений – самые точные и чувствительные, а их показания характеризуются высокой стабильностью. Производственные обладают устойчивостью к воздействиям различных факторов производственного процесса (температуры, влажности, вибрации и т. п.), что может сказаться на достоверности и точности показаний приборов. Полевые работают в постоянно изменяющихся условиях в широких пределах внешних воздействий.

Для обеспечения единства измерений необходима тождественность единиц измерений, в которых должны быть проградуйрованы все существующие средства измерений одной и той же физической величины. Это достигается путем точного воспроизведения и хранения в специализированных учреждениях установленных единиц физических величин и передачи их размеров применяемым средствам измерения с помощью эталонов.

*Эталон* – это высокоточная мера, предназначенная для воспроизведения и хранения единицы величины с целью передачи ее размера другим средствам измерений. От эталона единица величины передается *разрядным эталонам*, а от них – *рабочим средствам измерений*.

Классификацию, назначение и общие требования к созданию, хранению и применению эталонов устанавливает ГОСТ 8.057–80 «Эталоны единиц физических величин. Основные положения». Эталон должен обладать взаимосвязанными свойствами: воспроизводимостью, неизменностью и сличаемостью [28].

*Воспроизводимость* – возможность воспроизведения единицы физической величины (на основе ее теоретического определения) с наименьшей погрешностью для существующего уровня развития измерительной техники. Это достигается постоянным исследованием эталона в целях определения систематических погрешностей и их исключения путем введения соответствующих поправок.

*Неизменность* – свойство эталона удерживать неизменным размер воспроизводимой им единицы в течение длительного интервала времени, при этом все изменения, зависящие от внешних условий, должны быть строго определенными функциями величин, доступных точному измерению. Реализация этих требований привела к идее создания «естественных» эталонов различных величин, основанных на физических постоянных.

*Сличаемость* – возможность обеспечения сличения нижестоящих по поверочной схеме (в первую очередь вторичных) эталонов с наивысшей точностью для существующего уровня развития техники измерения. Это свойство предполагает, что эталоны по своему устройству и действию не вносят каких-либо искажений в результаты сличений и сами не претерпевают изменений при проведении сличения.

По своему метрологическому назначению эталоны классифицируют на первичные, вторичные и рабочие.

*Первичный эталон* – это эталон, воспроизводящий единицу физической величины с наивысшей точностью, возможной в данной области измерений на современном уровне научно-технических достижений. Первичный эталон может быть национальным (государственным) и международным.

Национальный эталон утверждается в качестве исходного средства измерения для страны национальным органом по метрологии. В России национальные (государственные) эталоны утверждает Госстандарт РФ.

Международные эталоны хранит и поддерживает Международное бюро мер и весов. Важнейшая задача деятельности МБМВ состоит в систематических международных сличениях национальных эталонов крупнейших метрологических лабораторий разных стран с международными эталонами, а также и между собой, что необходимо для обеспечения достоверности, точности и единства измерений как одного из условий международных экономических связей. Сличению подлежат как эталоны основных величин системы СИ, так и производных. Установлены определенные периоды сличения. Например, эталоны метра и килограмма сличают каждые 25 лет, а электрические и световые эталоны – один раз в 3 года.

Первичному эталону соподчинены вторичные и рабочие (разрядные) эталоны. Размер воспроизводимой единицы вторичным эталоном сличается с государственным эталоном. *Вторичные эталоны* (их иногда называют «эталон-копии») могут утверждаться либо Госстандартом РФ, либо государственными научными метрологическими центрами, что связано с особенностями их использования. *Рабочие эталоны* воспринимают размер единицы от вторичных эталонов и в свою очередь служат для передачи размера менее точному рабочему эталону (или эталону более низкого разряда) и рабочим средствам измерений.

Эталонная база России имеет около 120 государственных эталонов и более 250 вторичных эталонов единиц физических величин, размещенных в ведущих метрологических научно-исследовательских институтах страны. В области механики в стране созданы и используются 38 государственных эталонов, в том числе первичные эталоны метра, килограмма и секунды, точность которых имеет чрезвычайно большое значение, поскольку эти единицы участвуют в образовании производных единиц всех научных направлений. Способы выражения погрешностей эталонов устанавливает ГОСТ 8.381–2009 «Эталоны. Способы выражения точности» [29].

Все многообразие измерительных приборов, используемых для линейных измерений в машиностроении, классифицируют по назначению, конструктивному устройству и по степени автоматизации.

*По назначению* измерительные приборы разделяют на универсальные, специальные и контрольные. *По конструктивному устройству* измерительные приборы делят на механические, оптические, электрические, пневматические и др. *По степени автоматизации* различают измерительные приборы ручного действия, механизированные, полуавтоматические и автоматические.

*Универсальные измерительные приборы* применяют в контрольно-измерительных лабораториях всех типов производств, а также в цехах единичных и мелкосерийных производств. Универсальные измерительные приборы подразделяются:

- на механические:
  - простейшие инструменты (проверочные измерительные линейки, шупы, образцы шероховатости поверхности);
  - штангенинструменты (штангенциркуль, штангенглубиномер, штангенрейсмас, штангензубомер);
  - микрометрические инструменты (микрометр, микрометрический нутромер, микрометрический глубиномер);
  - приборы с зубчатой передачей (индикаторы часового типа);
  - рычажно-механические (миниметры, рычажные скобы);
- оптические:
  - вертикальные и горизонтальные оптиметры;
  - малый и большой инструментальные микроскопы;
  - универсальный микроскоп, концевая машина, проекторы, интерференционные приборы;
- пневматические (длинномеры (ротаметры));
- на электрические (электроконтактные измерительные головки, индуктивные приборы, профилографы, профилометры, кругломеры).

*Специальные измерительные приборы* предназначены для измерения одного или нескольких параметров деталей определенного типа (например, приборы для измерения (контроля) параметров коленчатого вала, распределительного вала, параметров зубчатых колес, диаметров глубоких отверстий).

*Приборы для контроля* геометрических параметров по назначению делят на приборы для приемочного (пассивного) контроля (т. е. калибры), для активного контроля в процессе изготовления деталей и приборы для статистического анализа и контроля.

Основными нормируемыми *метрологическими характеристиками* измерительных средств, предназначенных для технических измерений являются следующие.

*Диапазон измерений* – область значений измеряемой величины, для которой нормированы пределы погрешности прибора.

*Диапазон показаний* (измерений по шкале) – область значений шкалы, ограниченная ее начальным и конечным значениями (например, для вертикального оптиметра ИКВ-3 диапазон показаний составляет 0,2 мм, пределы показаний (начальное и конечное значения шкалы) –  $\pm 0,1$  мм). Диапазон измерений меньше или равен диапазону показаний.

*Пределы измерения* – наибольшее или наименьшее значения диапазона измерения.

*Цена деления шкалы* – разность значений величин, соответствующих двум соседним отметкам шкалы (у микрометра она равна 0,01 мм).

*Длина (интервал) деления шкалы* – расстояние между осями двух соседних отметок шкалы.

*Градуировочная характеристика* – зависимость между значениями величин на выходе и входе средств измерений, представленная в виде формулы, таблицы или графика. Градуировочную характеристику снимают для уточнения результатов измерения.

*Чувствительность* прибора – это отношение изменения сигнала на выходе измерительного прибора к изменению измеряемой величины (сигнала на входе).

*Стабильность* – свойство, отражающее постоянство во времени метрологических показателей.

Основная метрологическая характеристика измерительного средства – *погрешность измерительного средства* (инструментальная погрешность), которая имеет определяющее значение для наиболее распространенных технических измерений. В зависимости от условий использования измерительных средств различают дополнительную и основную погрешность.

*Дополнительная погрешность* возникает из-за отличия условий измерения от нормальных и приводит к увеличению общей погрешности измерений.

*Основной погрешностью* средств измерений называют погрешность при использовании средства измерения в нормальных условиях, указываемых в стандартах, технических условиях, паспортах и т. п. В зависимости от режима применения различают динамическую и статическую погрешности.

*Статическая погрешность* измерительного средства – погрешность, возникающая при использовании измерительных средств, предназначенных для измерения постоянной величины.



*Динамическая погрешность* – погрешность, появляющаяся при использовании измерительного средства для измерения переменной во времени величины.

Основную погрешность средств измерений нормируют, согласно ГОСТ 8.401–80, заданием пределов допускаемой основной погрешности. Когда основная погрешность находится в этих пределах, средства измерения допускаются к применению. Пределы допускаемой основной погрешности задают в виде абсолютных, относительных или приведенных погрешностей измерительного средства [30].

Обеспечение правильной передачи размера единиц физических величин во всех звеньях метрологической цепи осуществляется посредством поверочных схем.

*Поверочная схема* – нормативный документ, утвержденный в установленном порядке, который определяет соподчинение средств измерений, участвующих в передаче размера единицы физической величины от эталона к рабочим средствам измерений с указанием методов и погрешности. Поверочные схемы делятся на государственные, ведомственные и локальные.

*Государственная поверочная схема* распространяется на все средства измерений данной физической величины, имеющейся в стране. Она разрабатывается в виде государственного стандарта, состоящего из чертежа поверочной схемы и текстовой части, содержащей пояснение к чертежу.

*Ведомственная поверочная схема* действительна для средств измерений данной физической величины, подлежащих ведомственной поверке.

*Локальная поверочная схема* распространяется на средства измерений данной физической величины, подлежащие поверке в отдельном органе метрологической службы.

Ведомственные и локальные поверочные схемы не должны противоречить государственным поверочным схемам для средств измерений одних и тех же физических величин. Они могут быть составлены при отсутствии государственной поверочной схемы и должны состоять не менее чем из двух ступеней передачи размера. Ведомственная и локальная поверочные схемы оформляются в виде чертежа.

Основные положения о поверочных схемах, правила расчета параметров поверочных схем и оформление чертежей поверочных схем приведены в ГОСТ 8.061–80 «Поверочные схемы. Содержание и построение» [31].

*Поверка* – это операция, заключающаяся в установлении пригодности средства измерения к применению на основании экспериментально определяемых метрологических характеристик и контроля их соответствия предъявляемым требованиям. Основной метрологической характеристикой, определяемой при поверке средства измерения, является его погрешность. Она находится на основании сравнения поверяемого средства измерения с более точным – рабочим эталоном или образцовым средством измерения. Различают следующие виды поверки: государственную и ведомственную, периодическую и независимую, внеочередную и инспекционную, комплексную и др.

Основные требования к организации и порядку проведения поверки приведены в правилах по метрологии ПР 50.2.006–94 «Порядок проведения поверки средств измерений» [32].

*Выбор средств измерений* связан с множеством факторов, характеризующих метрологические параметры средства измерения, конструктивно-технологические особенности измеряемых величин, с задачами на измерение этих величин, разнообразными организационными, техническими и экономическими факторами и т. д.

Комплексность задачи выбора средств измерений определила необходимость разработки различных способов их выбора. Прежде всего, выбранное средство измерения должно соответствовать по своей конструкции и габаритам измеряемой детали и обеспечивать доступность подходов измерительных устройств к измеряемой величине.

В массовом производстве основными средствами измерения являются высокопроизводительные механизированные и автоматизированные средства измерения и контроля. В серийном производстве основными средствами измерения и контроля служат предельные калибры, шаблоны, специальные контрольные приспособления и, при необходимости, универсальные средства измерения. В мелкосерийном и индивидуальном производстве основными являются универсальные средства измерения.

По метрологическим характеристикам выбираемыми параметрами средств измерений являются предельная погрешность измерения (ее часто называют пределом допускаемой погрешности), а также цена деления шкалы измерительного средства. В соответствии с требованиями ГОСТ 8.051–81 установлены соотношения между заданными допусками на измеряемые

(контролируемые) размеры определенного номинального качества и допускаемыми погрешностями измерения, определяющими действительный размер измеряемой величины [33].

*Допускаемая погрешность* измерения включает в себя случайные и неучтенные систематические погрешности. Цена деления шкалы выбирается с учетом заданной точности измерения. Например, если размер задан с точностью до 0,01 мм, то прибор выбирается с ценой деления шкалы 0,01 мм. Принятие более грубой шкалы вносит дополнительные субъективные погрешности, а более точной – удорожает средство измерения. При контроле технологических процессов используют средства измерения с ценой деления не более 1/6 допуска на изготовление.

Главным фактором при выборе средства измерения является допускаемая погрешность измерения, которая должна быть небольшой по сравнению с допуском контролируемого параметра изделия. Чем ближе значение предельной погрешности измерительного средства к значению допускаемой погрешности измерения, тем менее трудоемким и более дешевым будет измерение. Значения размеров, полученных при измерении с погрешностью, не превышающей допускаемую погрешность измерения, принимаются за действительные.

*Абсолютной погрешностью* средства измерения  $A$  называется разность показаний измерительного средства  $x_n$  и действительного  $x_d$  значения измеряемой величины:  $A = x_n - x_d$ .

*Приведенной погрешностью* называется отношение абсолютной погрешности к параметру нормирования (диапазон измерений, верхний предел измерений и т. д.).

Типовыми видами погрешностей, входящих в основные погрешности средств измерений, являются аддитивные, мультипликативные, погрешности линейности и гистерезиса.

*Аддитивными погрешностями* (получаемыми путем сложения различного вида погрешностей), или погрешностями нуля, называют постоянные погрешности при всех значениях измеряемой величины. Если аддитивная погрешность является систематической, то она устраняется корректированием нулевого значения выходного сигнала. Аддитивная погрешность вызывается трением в опорах, контактными сопротивлениями, дрейфом нуля, случайными и периодическими колебаниями в выходном сигнале.

*Мультипликативной погрешностью* (получаемой путем умножения различного вида погрешностей), или погрешностью чувствительности средства измерения, называют погрешность, которая линейно изменяется с изменением измеряемой величины.

Причиной возникновения мультипликативной погрешности обычно является изменение коэффициентов преобразования отдельных элементов и узлов измерительных устройств.

*Погрешность линейности* – систематическая погрешность, при которой отличие реальной и линейной нормальной функций преобразования вызвано нелинейными эффектами. Причинами данной погрешности могут быть конструкция либо схема измерительного устройства и нелинейные искажения функции преобразования, связанные с несовершенством технологии производства.

Наиболее существенной и трудноустранимой погрешностью является *погрешность гистерезиса*, или погрешность обратного хода. Причиной этой погрешности является люфт и сухое трение в элементах, трение в пружинах, упругие эффекты в чувствительных элементах.

Учет всех нормируемых метрологических характеристик средств измерений – это сложная и трудоемкая процедура. На практике такая точность не нужна. Поэтому для средств измерений, используемых повседневно, принято деление на *классы точности*, которые дают их обобщенную метрологическую характеристику. Требования к метрологическим характеристикам устанавливаются в стандартах на средства измерений конкретного типа. Классы точности присваиваются средствам измерений с учетом результатов государственных приемочных испытаний.

Обозначение классов точности по ГОСТ 8.401–80 может сопровождаться дополнительными условными знаками, которые зависят от типа прибора, например, следующими [34]:

- 0,5, 1,6, 2,5 и т. д. – для приборов, приведенная погрешность  $\gamma = \Delta/x_N$  которых составляет 0,5, 1,6, 2,5 % от нормирующего значения  $x_N$  ( $\Delta$  – пределы допустимой абсолютной погрешности). При этом  $x_N$  принимается равным большему из модулей пределов измерений, если нулевое значение входного (выходного) сигнала находится на краю или вне диапазона измерений;

- $\sqrt{0,5}$  – то же, что и в предыдущем случае, но при  $x_N$ , равным длине шкалы или ее части;

•  $\textcircled{0,1}$   $\textcircled{0,4}$   $\textcircled{1,0}$  – для приборов, у которых относительная погрешность  $\delta = \Delta/x$  составляет 0,1, 0,4, 1,0 % непосредственно от полученного значения измеряемой величины  $x$ ;

• 0,02/0,01 – для приборов, у которых измеряемая величина не может отличаться от значения измеряемой величины  $x$ , показанного указателем на входе (выходе) средств измерений или числа делений, отсчитанных по шкале. В этом случае заделы допускаемой относительной основной погрешности устанавливаются по формуле

$$\delta = \pm \left[ c + d \left( \left| \frac{x_k}{x} \right| - 1 \right) \right], \%$$

где  $\delta$  – пределы допускаемой относительной погрешности, %;

$c$  и  $d$  – числитель и знаменатель соответственно в обозначении класса точности прибора;

$x$  – значение измеряемой величины на входе (выходе) средств измерений;

$x_k$  – бóльший (по модулю) из пределов измерений прибора.

Подобные условные знаки достаточно многочисленны, однако в любом случае они выражают пределы допускаемых погрешностей в зависимости от характера изменения (в пределах диапазона измерений входного (выходного) сигнала) границ абсолютных погрешностей средств измерений конкретного вида, которые оценивают на основании принципа действия, свойств средств измерений, а также их назначения.

## 2.5. Виды и способы технических измерений и контроля

В настоящее время существует множество видов измерений, которые различают по способу получения информации, по характеру изменений измеряемой величины в процессе измерений, по количеству измерительной информации, по отношению к основным единицам измерения физических величин.

По способу получения информации измерения разделяют на прямые, косвенные, совокупные и совместные. *Прямое измерение* – это непосредственное сравнение физической величины с ее мерой. Например, при определении длины предмета линейкой происходит сравнение искомой величины (количественного выражения значения длины) с мерой, т. е. линейкой.

*Косвенные измерения* отличаются от прямых тем, что искомое значение величины устанавливается по результатам прямых измерений таких величин, которые связаны с искомой определенной зависимостью.

*Совокупные измерения* сопряжены с решением системы уравнений, составляемых по результатам одновременных измерений нескольких однородных величин. Решение системы уравнений дает возможность вычислить искомую величину.

*Совместные измерения* – это измерения двух или более неоднородных физических величин для определения зависимости между ними. Совокупные и совместные измерения часто применяют в измерениях различных параметров и характеристик в области электротехники.

По характеру изменения измеряемой величины в процессе измерений бывают статистические, динамические и статические измерения.

*Статистические измерения* связаны с определением характеристик случайных процессов, звуковых сигналов, уровня шумов и т. д. *Статические измерения* имеют место тогда, когда измеряемая величина практически постоянна. *Динамические измерения* связаны с такими величинами, которые в процессе измерений претерпевают те или иные изменения. Статические и динамические измерения в идеальном виде достаточно редки на практике.

По количеству измерительной информации различают однократные и многократные измерения. *Однократное измерение* – это одно измерение одной величины, т. е. число измерений равно числу измеряемых величин. Практическое применение такого вида измерений всегда сопряжено с большими погрешностями, поэтому следует проводить не менее трех однократных измерений и находить конечный результат как среднее арифметическое значение.

*Многократные измерения* характеризуются превышением числа измерений количества измеряемых величин. Обычно минимальное число измерений больше трех. Преимущество многократных измерений заключается в значительном снижении влияний случайных факторов на погрешность измерения.

Измерения по отношению к основным единицам физических величин делят на абсолютные и относительные. *Абсолютными измерениями* называют такие, при которых используются прямое измерение одной (иногда нескольких) основной величины и физическая константа.

*Относительные измерения* базируются на установлении отношения измеряемой величины к одноименной, применяемой в качестве единицы физической величины. Естественно, что искомое значение зависит от используемой единицы измерений. Примером относительных измерений могут служить измерения калибров пробок и скоб на горизонтальном и вертикальном оптиметрах с настройкой измерительных приборов по образцовым мерам. При использовании образцовых мер или образцовых деталей относительные измерения позволяют повысить точность результатов измерений по сравнению с абсолютными измерениями.

В зависимости от метрологического назначения измерения делят на *технические* – производственные измерения, *контрольно-поверочные* – выборочные и *метрологические* – измерения с предельно возможной точностью, с использованием эталонов для воспроизведения единиц физических величин и для передачи их размера рабочим средствам измерения [35].

С измерениями связаны такие понятия, как «шкала измерений», «принцип измерений», «метод измерений».

*Шкала измерений* – это упорядоченная совокупность значений физической величины, служащая основой для измерения данной величины.

В метрологической практике известны несколько разновидностей шкал: шкала наименований, шкала порядка, шкала интервалов, шкала отношений и др.

*Шкала наименований* – это своего рода качественная, а не количественная шкала, она не содержит нуля и единиц измерений.

*Шкала порядка* характеризует значение измеряемой величины в баллах.

*Шкала интервалов* (разностей) имеет условные нулевые значения, а интервалы устанавливаются по согласованию.

*Шкала отношений* имеет естественное нулевое значение, а единица измерений устанавливается по согласованию.

Помимо рассмотренных видов измерений по основному признаку (способу получения результата измерения) следует указать на виды измерений, которые определяют наиболее характерные принципы соответствия измеряемой величины эксплуатационным свойствам. Эти виды измерений обозначаются терминами «контроль», «испытание» и «диагностирование».

Для проведения измерений с целью контроля, диагностирования или испытания изделий необходимо выполнить мероприятия, определяющие технологический процесс измерений: анализ задачи, выявление погрешно-

стей, установление числа измерений, выбор средства и метода измерения и др. В соответствии с РМГ 29–2013, к числу основных методов измерений относят метод непосредственной оценки и методы сравнения с мерой [36].

*Метод непосредственной оценки* – метод измерений, в котором значение величины определяют непосредственно по отсчетному устройству измерительного прибора прямого действия.

*Методы сравнения с мерой* – методы, при которых измеряемая величина сравнивается с величиной, воспроизводимой мерой, подразделяются на следующие [37]:

- *дифференциальный метод* характеризуется измерением разности между измеряемой величиной и известной величиной (воспроизводимой мерой);

- *нулевой метод* определяется тем, что разность между измеряемой величиной и мерой сводится к нулю. При этом нулевой метод имеет то преимущество, что мера может быть во много раз меньше измеряемой величины;

- *метод замещения* – метод сравнения с мерой, в котором измеренную величину замещают известной величиной, воспроизводимой мерой. Метод замещения применяется при взвешивании с поочередным помещением измеряемой массы и гирь на одну и ту же чашу весов;

- *метод совпадений* – метод сравнения с мерой, в котором разность между измеряемой величиной и величиной, воспроизводимой мерой, измеряют, используя совпадение отметок шкал или периодических сигналов. Примером использования данного метода может служить измерение длины при помощи штангенциркуля с нониусом.

Рассмотренные методы измерений позволяют осуществлять контроль изготавливаемой продукции. Так, в соответствии с ГОСТ 16504–81, *контролем* называют проверку соответствия продукции или процесса, от которого зависит качество продукции установленным техническим требованиям. Если контроль осуществляется по альтернативному признаку «годен – негоден», то технические требования, которым должен удовлетворять объект контроля для признания его годным, называют критерием годности. Критерии годности продукции регламентируются как нормативные [38].

Также необходимо отметить, что процесс измерения неизбежно сопровождается ошибками, которые вызываются несовершенством измерительных средств, нестабильностью условий проведения измерений, несо-



вершенством самого метода и методики измерений, недостаточным опытом и несовершенством органов чувств человека, выполняющего измерения, а также другими факторами. В связи с этим при измерении выделяют погрешность самого измерения.

Погрешность измерения, выраженная в единицах измеряемой величины, называется *абсолютной*. Она не всегда является информативной. Например, абсолютная погрешность 0,01 мм может быть достаточно большой при измерениях величин в десятые доли миллиметра и малой при измерениях величин, размеры которых превышают несколько метров.

Более информативной величиной является *относительная погрешность*, под которой понимают отношение абсолютной погрешности измерения к ее истинному значению (или математическому ожиданию). Именно относительная погрешность используется для характеристики точности измерения.

По своему характеру (закономерностям проявления) погрешности измерения подразделяются на систематические и случайные погрешности, а также на грубые промахи.

К *систематическим погрешностям* относят погрешности, которые при повторных измерениях остаются постоянными или изменяются по какому-либо закону. Систематические погрешности при измерении одним и тем же методом и одними и теми же измерительными средствами всегда имеют постоянные значения. К причинам, вызывающим их появление, относят следующие [15]:

- погрешности метода или теоретические погрешности;
- инструментальные погрешности;
- погрешности, вызванные воздействием окружающей среды и условий измерения.

*Погрешности метода* происходят вследствие ошибок или недостаточной разработанности метода измерений. Сюда же можно отнести неправомерную экстраполяцию свойства, полученного в результате единичного измерения, на весь измеряемый объект. Например, принимая решение о годности вала по единичному измерению, можно допустить ошибку, поскольку не учитываются такие погрешности формы, как отклонения от цилиндричности, круглости, профиля продольного сечения и др. Поэтому для исключения такого рода систематических погрешностей в методике измерений рекомендуется проведение измерений в нескольких местах деталей и взаимно-перпендикулярных направлениях.

К погрешностям метода относят также влияние инструмента на свойства объекта (например, значительное измерительное усилие, изменяющее форму тонкостенной детали) или погрешности, связанные с чрезмерно грубым округлением результата измерения.

*Инструментальные погрешности* обусловлены погрешностями средств измерений, вызванными погрешностями изготовления или износом составных частей измерительного средства.

К погрешностям, вызванным воздействием окружающей среды и условиями измерений, относят температуру (например, измерения еще не остывшей детали), вибрацию, жесткость поверхности, на которую установлено измерительное средство, и т. п.

Одним из методов обнаружения систематической погрешности может быть замена средства измерения на аналогичное в случае, если оно предположительно является источником систематической погрешности. Подобным образом можно обнаружить систематическую погрешность, вызванную внешними условиями (например, замена поверхности, на которую установлено измерительное средство, на более жесткую).

Появление систематической погрешности можно обнаружить статистически, нанося с заданной периодичностью результаты измерений на шкалу с заданными границами (например, предельными размерами). Устойчивое движение результата измерений в сторону одной из границ будет означать появление систематической погрешности и необходимость вмешательства в технологический процесс.

Для исключения систематической погрешности в производственных условиях проводят проверку средств измерений, устраняют те причины, которые вызваны воздействиями окружающей среды, сами измерения проводят в строгом соответствии с рекомендуемой методикой, принимая в необходимых случаях меры по ее совершенствованию.

Постоянные систематические погрешности не влияют на значения случайных отклонений измерений от средних арифметических, поэтому их сложно обнаружить статистическими методами. Анализ таких погрешностей возможен только на основании априорных знаний о погрешностях, получаемых, в частности, при поверке средств измерений. Например, при поверке средств измерений линейных величин измеряемая величина обычно воспроизводится образцовой мерой (концевой мерой длины), действительное значение которой известно. Систематические погрешности приводят

к искажению результатов измерений и потому должны выявляться и учитываться при оценке результатов измерений. Полностью исключить систематическую погрешность практически невозможно; всегда в процессе измерения остается некая малая величина, называемая неисключенной систематической погрешностью. Эта величина учитывается путем внесения поправок.

Разность между средним арифметическим значением результатов измерения и значением меры с точностью, определяемой погрешностью при ее аттестации, называется *поправкой*. Она вносится в паспорт аттестуемого средства измерения и принимается за искомую систематическую погрешность.

*Случайные погрешности* – это погрешности, принимающие при повторных измерениях различные, независимые по знаку и величине значения, не подчиняющиеся какой-либо закономерности. Причин, вызывающих случайные погрешности, может быть много, например, колебание припуска на обработку, механические свойства материалов, посторонние включения, точность установки деталей на станок, точность средства измерения в заготовке, изменение измерительного усилия крепления детали на станке, силы резания и др.

Как правило, индивидуальное влияние каждой из этих причин на результаты измерения невелико и не поддается оценке, тем более что как всякое случайное событие оно в каждом конкретном случае может произойти или не произойти.

Для случайных погрешностей характерны следующие условия:

- малые по величине случайные погрешности встречаются чаще, чем большие;
- погрешности отрицательные и положительные относительно средней величины измерений, равные по величине, встречаются одинаково часто;
- для каждого метода измерений есть свой предел, за которым погрешности практически не встречаются (в противном случае эта погрешность будет грубым промахом).

Выявление случайных погрешностей особенно необходимо при точных (например, лабораторных) измерениях. Для этого используют многократные измерения одной и той же величины, а их результаты обрабатываются методами теории вероятностей и математической статистики.

Случайная величина наилучшим и исчерпывающим образом характеризуется в теории вероятностей законом ее распределения. Этот закон

устанавливает связь между возможными значениями случайной величины и соответствующими этим значениям вероятностями их появления. Существует две формы описания закона распределения случайной величины – дифференциальная и интегральная. В метрологии в основном используется дифференциальная форма, т. е. закон распределения плотности вероятностей случайной величины  $x$  [39].

*Грубые погрешности* – это погрешности, не характерные для технологического процесса или результата, приводящие к явным искажениям результатов измерения. Наиболее часто они допускаются неквалифицированным персоналом при неправильном обращении со средством измерения, в связи с неверным отсчетом показаний, ошибками при записи или вследствие внезапно возникшей посторонней причины при реализации технологических процессов обработки деталей. Они сразу видны среди полученных результатов, так как полученные значения отличаются от остальных значений совокупности измерений.

Если в процессе измерений удастся найти причины, вызывающие существенные отличия от заданных значений измеряемых параметров, и после устранения этих причин повторные измерения не подтверждают подобных отличий, то такие измерения могут быть исключены из рассмотрения. Если же причины появления резко выделяющихся значений измерения установить нельзя, то для решения вопроса об их исключении используют статистические методы.

Задачей измерения является нахождение по полученным наблюдениям наилучшей оценки измеряемой величины – *результата измерения и оценки* точности этого результата, т. е. степени его близости к истинному значению величины (определение погрешности измерений). При этом считается, что закон распределения измерений и погрешностей известен.

Под *оценкой точности* результата измерения в данном случае понимают нахождение значений параметров этих распределений случайных величин по ограниченному числу измерений. Полученные оценки параметров распределений являются лишь приближениями к истинным значениям этих параметров и используются в качестве результата измерений и в качестве его погрешности. Для того чтобы оценку, получаемую по результатам многократных измерений, можно было использовать в качестве параметра функции распределения случайной величины, она должна отвечать ряду требований: быть состоятельной, несмещенной и эффективной.

*Состоятельная оценка* – это оценка, которая при увеличении числа измерений стремится к истинному значению оцениваемого параметра.

*Несмещенная оценка* – оценка, математическое ожидание которой равно истинному значению оцениваемого параметра.

*Эффективная оценка* – оценка, имеющая наименьшую дисперсию по сравнению с любой другой оценкой данного параметра.

Методы нахождения оценок параметров распределений, а также нахождения результатов измерений и их погрешностей по этим методам зависят от вида функции распределения, однако на практике такие функции, как правило, неизвестны. Если же случайный характер результатов измерений обусловлен погрешностями измерений, то полагают, что измерения имеют нормальное распределение. Это обусловлено тем, что погрешности измерений складываются из большого числа небольших возмущений, ни одно из которых не является преобладающим.

*Нормальное распределение* для случайной величины  $x$  с математическим ожиданием  $m$  и дисперсией  $D$  имеет следующий вид:

$$f(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(x-m)^2}{2\sigma^2}}.$$

Следует отметить, что даже воздействие ограниченного числа возмущений приводит к нормальному распределению результатов измерений и их погрешностей.

Переход к нормальному распределению случайных погрешностей  $f(x)$  осуществляется переносом центра распределения в точку, соответствующую  $m$ , и откладыванием по оси абсцисс погрешности  $\Delta x$ , которая определяется следующим образом:

$$\Delta x = x - m.$$

Нормальное распределение характеризуется двумя параметрами: математическим ожиданием  $m$  и средним квадратическим отклонением  $\sigma$ .

При многократных измерениях несмещенной, состоятельной и эффективной оценкой  $m$  для группы из  $n$  измерений является среднее арифметическое  $\bar{x}$ , которое определяется по формуле

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n}.$$

Среднее арифметическое дает оценку математического ожидания результата измерений и может быть оценкой истинного (действительного) значения измеряемой величины только после исключения систематических погрешностей.

Оценка  $S$  среднего квадратического отклонения случайной величины  $x$  относительно ее математического ожидания на основе несмещенной оценки ее дисперсии определяется по формуле

$$S = \sqrt{\frac{n}{n-1} \sigma^2} = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2},$$

где  $\sigma^2$  – дисперсия;

$x_i$  –  $i$ -й элемент выборки;

$n$  – объем выборки;

$\bar{x}$  – среднее арифметическое выборки.

Эта оценка характеризует рассеяние единичных результатов измерений в ряду равноточных измерений одной и той же величины около их среднего значения.

Нормальное распределение погрешностей имеет следующие свойства:

- симметричность (погрешности, одинаковые по величине, но противоположные по знаку, встречаются одинаково часто);
- математическое ожидание случайной погрешности равно нулю;
- малые погрешности более вероятны, чем большие;
- чем меньше  $S$ , тем меньше рассеяние результатов наблюдений и больше вероятность малых погрешностей.

Другим распространенным в метрологии распределением случайной величины является равномерное распределение.

*Равномерное распределение* – это распределение, при котором случайная величина  $x$  принимает значения в пределах конечного интервала от  $x_1$  до  $x_2$  с постоянной плотностью вероятностей. При этом дифференциальная функция равномерного распределения имеет следующий вид:

$$f(x) = \frac{1}{x_2 - x_1}, \text{ при } x_1 < x < x_2;$$

$$f(x) = 0, \text{ при } x_1 > x > x_2.$$

Кроме рассмотренных примеров распределений случайных величин существуют и другие важные для практического использования распределения дискретных случайных величин, например, биномиальное распределение и распределение Пуассона.

Все рассмотренные ранее методы оценки точности результата измерения относятся к оценке прямых равноценных измерений, т. е. измерений с одной и той же точностью и одними и теми же приборами. Однако на практике встречаются и другие методы оценки точности результатов измерений – методы оценки неравноточных измерений, косвенных измерений и др.

*Неравноточными* называются измерения одной и той же физической величины, выполняемые с разной точностью, в различных условиях, разными измерительными средствами т. д.

При *косвенных измерениях* значение искомой величины получают на основании известной зависимости, связывающей ее с другими величинами, определяемыми прямыми измерениями, т. е. косвенные измерения предполагают наличие функциональной связи.

Оценка методов обработки результатов косвенных измерений является достаточно трудоемкой, а коэффициенты влияния аргументов на погрешность результата косвенных измерений незначительны, поэтому в технических измерениях влиянием этих погрешностей можно пренебречь.

В соответствии с Законом РФ «Об обеспечении единства измерений» измерения должны проводиться по методикам, аттестованным в установленном порядке.

*Методика выполнения измерений* – это совокупность операций и правил, выполнение которых обеспечивает получение результатов с известной погрешностью.

Поскольку погрешность определяется не только метрологическими характеристиками средств измерений, но и погрешностью отбора и приготовления проб, условиями проведения измерений, ошибкой оператора и другими причинами, это определение означает, что методики выполнения измерений могут разрабатываться и быть аттестованными только применительно к конкретным условиям проведения измерения с использованием конкретных средств.

Документы, регламентирующие методику измерений, разрабатываются на основе ГОСТ 8.563–2009 [39] и должны содержать следующие сведения:

- наименование методики измерений;
- назначение методики измерений;
- область применения;
- условия выполнения измерений на основе ГОСТ 8.050–73 [40], ГОСТ 8.395–80 [41];
- метод (методы) измерений;

- допускаемую и (или) приписанную неопределенность измерений или норму погрешности и (или) приписанные характеристики погрешности измерений;

- применяемые средства измерений, стандартные образцы, их метрологические характеристики и сведения об утверждении их типов.

Порядок разработки и аттестации методик выполнения измерений определяет Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии. Аттестацию методик измерений, применяемых в сфере государственного регулирования обеспечения единства измерений, проводят аккредитованные в установленном порядке в области обеспечения единства измерений юридические лица и индивидуальные предприниматели, в том числе государственные научные метрологические институты и государственные региональные центры метрологии.

Выбор метода измерений определяется принятой моделью объекта измерений и доступными средствами измерения. Под *методом измерений* понимают прием или совокупность приемов сравнения измеряемой величины с ее единицей измерения (или шкалой) в соответствии с реализованным принципом измерений.

При выборе метода измерений добиваются того, чтобы погрешность метода измерений, т. е. составляющая систематической погрешности измерений, обусловленная несовершенством принятых модели и метода измерений (иначе, теоретическая погрешность), не оказывала заметного влияния на результирующую погрешность измерения, т. е. не превышала 30 % от нее. Изменения измеряемых параметров модели в течение цикла наблюдений, как правило, не должны превышать 10 % от заданной погрешности измерения. Если возможны альтернативы, то учитывают и экономические соображения, поскольку ненужное завышение точности модели и метода измерения приводит к необоснованным затратам. То же относится и к выбору средств измерений.

Выбор средств измерений и вспомогательных устройств определяется измеряемой величиной, принятым методом измерений и требуемой точностью результата измерений (нормами точности). Как уже отмечалось ранее, измерения с применением средств измерений недостаточной точности малоценны (даже бессмысленны), так как могут быть причиной неправильных выводов. Применение излишне точных средств измерений экономически невыгодно. При выборе средств измерений учитывают также диапазон



изменений измеряемой величины, условия измерений, эксплуатационные качества средств измерений, их стоимость.

Необходимым условием правильного выбора средства измерения является соответствие его метрологической характеристики следующим условиям:

- диапазон измерения должен быть больше измеряемого размера;
- диапазон показаний должен быть больше измеряемого размера;
- предельная погрешность измерения с помощью выбранного средства измерения должна быть меньше допускаемой погрешности измерения.

Значения допускаемых погрешностей измерения должны быть установлены в зависимости от допусков и номинальных размеров измеряемых изделий ГОСТ 8.051–81 [33].

В выборе средств измерений участвуют конструкторская, технологическая и метрологическая службы предприятий. Конструкторская служба ответственна за правильность назначения допускаемых отклонений на размер детали; технологическая служба обязана обеспечить наиболее экономичные технологические процессы изготовления деталей, включая их измерения; метрологическая служба осуществляет выбор конкретных средств измерения с учетом условий измерений.

Следует отметить, что метрологи выбирают конкретное средство измерения в соответствии с РД 50–98–86 с учетом условий измерения в зависимости от измеряемого размера, допуска на изготовление и допускаемой погрешности измерения [42]. При проведении измерений в условиях, когда значения влияющих величин отличаются от установленных в ГОСТ 8.050–73 или нормативных документах на средство измерения конкретного вида, необходимо нормировать функции влияния, т. е. указывать зависимости показаний средства измерения от влияющих величин и на основе этого вносить поправки в показания средства измерения.

В заключение можно отметить, что во всех отраслях народного хозяйства, а в машиностроении особенно, метрологическое обеспечение помогает решать множество задач производственного и социального характера и в целом рассматривается как средство решения задач улучшения качества продукции. Развитие технического регулирования во взаимосвязи с метрологией и стандартизацией способствует достижению необходимого уровня качества материальных объектов, повышению конкурентоспособности предприятий в условиях рыночной экономики и международного сотрудничества.

## **Вопросы и задания для самоконтроля**

1. Какие старинные единицы измерения величин Вы знаете?
2. Когда и где была разработана метрическая система мер?
3. Дайте определение понятиям измерения, точности измерения, погрешности измерения, метрологического обеспечения, единства измерений.
4. Дайте определение физической величины.
5. Дайте определение системы единиц физических величин.
6. Назовите основные единицы международной системы единиц физических величин.
7. Приведите примеры производных единиц международной системы единиц физических величин.
8. Какими признаками должен обладать эталон?
9. Назовите основные виды эталонов.
10. Опишите государственные эталоны длины и массы.
11. Назовите основные виды измерений. Дайте определения основным видам измерений.
12. Назовите основные методы измерений и дайте их определения.
13. Что такое контроль и чем он отличается от измерения?
14. По каким признакам классифицируют погрешности измерений?
15. Дайте определения и приведите примеры систематических и случайных погрешностей измерений, промахов.
16. Приведите формулы для определения абсолютной, относительной и приведенной погрешностей измерения.
17. Приведите количественные оценки случайных погрешностей измерений.
18. Назовите критерии для исключения промахов.
19. Назовите основные характеристики погрешностей измерения и область их применения.
20. Дайте определение метрологической характеристики средств измерений.
21. Назовите основные метрологические характеристики средств измерений. В чем отличие нормальных и рабочих условий выполнения измерений?
22. Что определяет класс точности средств измерений?
23. Какие факторы учитывают при выборе средств измерений?

### **Глава 3. СИСТЕМА СТАНДАРТИЗАЦИИ И ВОПРОСЫ ТЕХНИЧЕСКОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ КАЧЕСТВА В МАШИНОСТРОЕНИИ**

В процессе изготовления промышленной продукции особая роль отводится стандартизации, которая является важнейшим элементом системы обеспечения потребительских свойств выпускаемых изделий различного назначения. В результате главной задачей стандартизации наряду с ускорением технического прогресса и повышением эффективности использования продукции можно считать улучшение качества этой продукции и обеспечение оптимального уровня качества. Для устойчивого достижения данных показателей стандартизация устанавливает требования к качеству, определяет системы показателей качества, методы и средства контроля и испытаний, технические условия, обеспечивающие единство и достоверность измерений.

Одним из продуктов стандартизации является стандарт, утвержденный соответствующим компетентным органом, представляющий собой особый нормативно-технический документ, который устанавливает комплекс норм, правил, требований к объекту стандартизации. Стандартами регламентируются все основные положения, относящиеся к точности изготовления и направленные на выпуск самой современной высококачественной продукции, соответствующей мировому уровню качества по всем потребительским показателям. К этим показателям относят надежность, долговечность, материал- и энергоемкость, требования экологии, эргономики и технической эстетики.

Преимущественное применение стандартизации в машиностроении вызвано особенностями развития этой отрасли промышленности. В настоящее время эта отрасль характеризуется значительным усложнением конструкций машин, технологического оборудования, приборов и механизмов; выпуском сложных систем машин; возросшими рабочими параметрами; автоматизацией производственных процессов и управления; повышенными требованиями к качеству изделий машиностроения, точности и взаимозаменяемости; а также она обусловлена быстрым моральным устареванием техники. Стандартизация здесь играет роль взаимосвязанного целостного комплекса активных регуляторов, воздействующих на функции управляющих органов. Взаимосвязанный целостный комплекс таких регуляторов образует систему стандартизации в управлении качеством [43].

В целях усиления роли стандартизации в повышении качества продукции и экономической эффективности производства в России сформирована и введена в действие национальная система стандартизации. Она построена на единых для всей страны организационно-технических правилах проведения работ по стандартизации в любых сферах деятельности и на всех уровнях управления, а также на единых формах и методах взаимодействия субъектов хозяйственной деятельности друг с другом и с органами управления [44].

Конечным результатом стандартизации являются внедрение и выпуск продукции в соответствии с положениями стандартов.

### **3.1. Основные понятия и определения стандартизации**

В общем виде стандартизация предполагает определенный набор действий: выбор или разработку оптимальных решений, их узаконивание и оформление по установленному порядку, а также их практическое применение по строго регламентированным правилам, т. е. стандартизацию можно рассматривать как систему приемов трудовой деятельности, как метод работы. Международным стандартом ISO/IEC 2 нормированы основные термины, определения по стандартизации и смежным видам деятельности [45].

*Стандартизация* – деятельность, направленная на достижение оптимальной степени упорядочения в определенной области (производстве, оказании услуг и т. д.) посредством установления положений для всеобщего и многократного использования в отношении реально существующих или потенциальных задач [45].

Цели стандартизации можно разделить на общие и конкретные, касающиеся обеспечения соответствия.

*Общие цели* вытекают, прежде всего, из содержания понятия стандартизации. Конкретизация общих целей для российской стандартизации связана с выполнением тех требований стандартов, которые сопряжены с обеспечением безопасности продукции, работ и услуг для жизни и здоровья людей, окружающей среды и имущества; а также она связана с совместимостью и взаимозаменяемостью изделий; качеством продукции, работ и услуг в соответствии с уровнем развития научно-технического прогресса; единством измерений; экономией всех видов ресурсов; обеспечением безопасности хозяйственных объектов (для исключения возможности

возникновения различных катастроф (природного или техногенного характера) и чрезвычайных ситуаций); обороноспособностью и мобилизационной готовностью страны; повышением конкурентоспособности предприятий.

*Конкретные цели стандартизации* относятся к определенным областям деятельности, отрасли производства товаров и услуг, к тому или иному виду продукции, или к какому-либо предприятию и т. д.

*Областью стандартизации* называют совокупность взаимосвязанных объектов стандартизации. Например, машиностроение является областью стандартизации, а объектами стандартизации в машиностроении могут быть технологические процессы, типы двигателей, безопасность и экологичность машин и т. д.

Стандартизация осуществляется на разных уровнях. Уровни стандартизации различаются в зависимости от того, участники какого географического, экономического, политического региона мира принимают стандарт. Так, если участие в стандартизации открыто для соответствующих органов любой страны, такая деятельность будет являться *международной стандартизацией*.

*Региональная стандартизация* – это деятельность, открытая только для соответствующих органов государств одного географического или экономического региона мира. Региональная (как и международная) стандартизация осуществляется специалистами стран, представленных в соответствующих региональных или международных организациях.

*Национальная стандартизация* – стандартизация в одном конкретном государстве. При этом она также может осуществляться на разных уровнях: на национальном, отраслевом, в том или ином секторе экономики (например, на уровнях министерств, ассоциаций, производственных фирм, предприятий (фабрик и заводов) и различных учреждений).

*Система стандартизации* – это комплекс взаимоувязанных правил и положений, определяющих цели и задачи стандартизации, структуру органов и служб стандартизации, их права и обязанности, организацию и методику проведения работ по стандартизации во всех отраслях экономики, порядок разработки, оформления, согласования, утверждения, издания, внедрения стандартов, а также правила контроля за их внедрением и соблюдением.

*Основными результатами* деятельности по стандартизации должны быть повышение степени соответствия продукции, процессов ее производ-

ства, ее функционального назначения, устранение технических барьеров в международном товарообмене, содействие научно-техническому прогрессу в различных областях (производство, услуги и т. д.).

*Непосредственным результатом* деятельности по стандартизации является нормативный документ (стандарт, правила, рекомендации и др.).

В настоящее время в России реализуется реформа в области технического регулирования, в соответствии с принципами которой создается двухуровневая структура нормативно-правовых документов по стандартизации: верхний уровень – технические регламенты, нижний – гармонизированные с техническими регламентами стандарты.

*Технический регламент* имеет статус законодательного документа и устанавливает обязательные для применения и исполнения требования к объектам технического регулирования (например, продукции, а также зданиям, строениям, сооружениям, процессам проектирования (включая изыскания), производства, строительства, монтажа, наладки, эксплуатации, хранения, перевозки, реализации и утилизации).

*Стандарт* – это документ, в котором в целях добровольного многократного использования устанавливаются характеристики продукции, правила осуществления и характеристики процессов проектирования (включая изыскания), производства, строительства, монтажа, наладки, эксплуатации, хранения, перевозки, реализации и утилизации, выполнения работ или оказания услуг. Стандарт также может содержать правила и методы исследований (испытаний) и измерений, правила отбора образцов, требования к терминологии, символике, упаковке, маркировке или этикеткам и правилам их нанесения. Стандарты содействуют соблюдению требований технических регламентов.

Основным законодательным актом, положившим начало реформированию в области технического регулирования в целом и системы стандартизации в частности, является *Федеральный закон «О техническом регулировании»*, принятый 27 декабря 2002 г. [46]. С вопросами стандартизации в нем связаны главы 2, 3, 6–10.

Во 2-й главе рассматриваются цели принятия технических регламентов, их виды, содержание, порядок разработки, принятия, применения, изменения и отмены.

Глава 3 определяет цели, принципы стандартизации, документы в области стандартизации. Она устанавливает правила разработки и утвержде-

ния национальных стандартов; содержит определенные аспекты, связанные с деятельностью национального органа РФ по стандартизации и технических комитетов.

Главы 6, 7, 8 регламентируют соответственно деятельность по государственному контролю и надзору за соблюдением требований технических регламентов, по информации о нарушении этих требований и отзыве продукции, по информации о технических регламентах и документах по стандартизации.

Глава 9 указывает направления деятельности в области технического регулирования, финансируемые из средств федерального бюджета.

Глава 10 содержит три статьи (ст. 46–48), в соответствии с которыми со дня вступления в силу настоящего Закона признаны утратившими силу документы, среди которых законы «О стандартизации», «О сертификации продукции и услуг», изменения и дополнения к этим законам, а также законы «О рекламе», «О пожарной безопасности», «Об основах социального обслуживания населения РФ».

В соответствии со ст. 46, со дня вступления в силу Федерального закона «О техническом регулировании» до вступления в силу соответствующих технических регламентов требования к объектам технического регулирования, установленные нормативными правовыми актами РФ и нормативными документами федеральных органов исполнительной власти, подлежат обязательному исполнению только в части, соответствующей следующим целям:

- защита жизни, здоровья, сохранности имущества физических и юридических лиц, а также государственного и муниципального имущества;
- охрана окружающей среды, жизни или здоровья животных и растений;
- предупреждение действий, вводящих в заблуждение приобретателей;
- обеспечение энергетической эффективности и ресурсосбережения.

В настоящее время в РФ введено в действие 24 технических регламента. В рамках регионального сотрудничества на уровне Таможенного союза (ТС) разрабатываются технические регламенты ТС. Членами Таможенного союза являются Республика Беларусь, Республика Казахстан и Российская Федерация.

В машиностроительной отрасли действует *технический регламент «О безопасности машин и оборудования»* [47]. Требования данного регла-

мента распространяются на машины и оборудование (в том числе бытового назначения), для которых выявлены и идентифицированы виды опасности. Среди продукции, применяемой в машиностроении, в сфере действия данного регламента находятся металлообрабатывающие станки, режущий инструмент, метизы и др.

Для применения и исполнения технических регламентов, а также для осуществления оценки соответствия к каждому техническому регламенту разрабатывается перечень документов в области стандартизации, в результате применения которых на добровольной основе обеспечивается соблюдение требований технического регламента. Перечень стандартов, в результате применения которых на добровольной основе обеспечивается соблюдение требований технического регламента ТС «О безопасности машин и оборудования», содержит несколько сотен стандартов, в том числе и стандарты России и Белоруссии [48].

Таким образом, вся совокупность документов по стандартизации (в том числе сами стандарты) является неотъемлемой частью технического регулирования страны.

При нормировании машиностроительной продукции на всех стадиях ее жизненного цикла следует указывать, что существует преемственность между государственными стандартами Советского Союза и Российской Федерации. Эта преемственность чрезвычайно важна. После вступления в действие ФЗ «О техническом регулировании» стандартам данной категории присвоен статус национальных.

*Национальный стандарт* – это стандарт, утвержденный национальным органом РФ по стандартизации.

К национальным стандартам относятся действующие государственные и межгосударственные стандарты, введенные в действие до 1 июля 2003 г. для применения в РФ; к стандартам РФ относятся стандарты, введенные с 1 июля 2003 г. (со дня вступления в силу Федерального закона «О техническом регулировании»).

Для действующих государственных и межгосударственных стандартов и разрабатываемых национальных стандартов сохранены условные обозначения ГОСТ и ГОСТ Р.

Таким образом, обеспечивается преемственность государственных стандартов СССР, государственных стандартов РФ и национальных стандартов РФ.



### 3.2. Теоретические основы и направления развития современной стандартизации

В качестве научной дисциплины стандартизация официально зарегистрирована в нашей стране в 1965 г. под названием «Теория стандартизации» [49]. Как любая наука стандартизация оперирует такими понятиями, как «объект» и «предмет», причем, предмет стандартизации как науки не следует путать с понятием объекта как области практической деятельности.

Под *объектом* стандартизации как области практической деятельности и научных исследований понимается совокупность предметов, явлений и процессов, охватываемых всеми сферами деятельности (материальным производством и обслуживанием, управлением и наукой, здравоохранением, образованием и культурой).

*Предметом* стандартизации является оптимальное разрешение проблем рациональной совместимости (сопряжения) и неоправданного многообразия (различия) объектов на базе критериев эффективности и качества.

Решение проблемы совместимости может быть достигнуто путем выявления действующих во взаимосвязи элементов конкретной системы и последующего установления единой номенклатуры норм, правил, требований, терминов, обозначений и т. п. Установленная номенклатура призвана обеспечить эффективное и качественное взаимодействие элементов системы как в отраслевом, межотраслевом, так и в международном аспектах. Примерами решения проблемы совместимости (сопряжения) объектов являются система допусков в машиностроении, соответствие размеров тары и транспортных средств, единая терминология, система единиц физических величин и т. д.

Проблема неоправданного многообразия может быть решена путем выявления (учета, систематизации) подобного многообразия элементов определенной системы и последующего установления рациональной их номенклатуры, обеспечивающей эффективное и качественное функционирование системы в целом. При этом оптимальное решение данной проблемы – это устранение противоречия между минимальным различием элементов и необходимым разнообразием объектов.

Сущностным признаком стандартизации как науки является метод, с помощью которого реализуется изучение, познание предмета этой науки. Различают методы, свойственные данной науке и практической деятельности,

т. е. специальные, и привнесенные из других отраслей знания, т. е. общенаучные. Сущностью всех конкретных методов стандартизации является научно обоснованное ограничение многообразия результатов человеческой деятельности, рассматриваемых системно в максимально широком масштабе. Рассмотрим основные признаки наиболее часто употребляемых методов стандартизации [50–56]. Сравнение методов стандартизации по определению и назначению приведено в табл. 3.1 и 3.2.

Таблица 3.1

Сравнительная таблица общенаучных методов в стандартизации

Метод	Определение	Назначение	Пример применения
1	2	3	4
Систематизация объектов стандартизации	Научное последовательное классифицирование (классификация) и ранжирование совокупности конкретных объектов стандартизации	Расположение объектов в последовательности, образующей определенную систему, удобную для использования	Порядковая нумерация систематизированных объектов или их расположение в хронологической последовательности: регистрация стандартов по возрастающему порядку номеров и др.
Классификация	Разделение множества объектов на классификационные группировки по их сходству или различию на основе определенных признаков в соответствии с принятыми методами	Установление связей, системы соподчинения между классами объектов какой-либо области знания или деятельности, соподчиненности понятий, сжатие поступающего на «вход» классифицирующего объекта информационного разнообразия	Общероссийские классификаторы продукции; стандартов; изделий и конструкторских документов машиностроения и приборостроения и др.
Кодирование	Обозначение и присвоение уникального обозначения (кода)	Замена названия объекта символами	Структура кода общероссийских классификаторов

1	2	3	4
	объекту или группе объектов, позволяющего заменить их название несколькими символами		
Идентификация	Присвоение объекту уникального наименования, номера, знака, условного обозначения, признака или набора признаков, позволяющих однозначно выделить его из множества других объектов	Однозначное выделение объекта из множества других	Свод кодов и наименований, идентифицирующих конкретные марки продукции в ассортиментной части Общероссийского классификатора продукции

Классификацию, кодирование и идентификацию часто рассматривают как виды систематизации.

При *классификации* объекты располагаются по классам, подклассам, видам, группам, разрядам и другим таксонам в зависимости от их общих признаков, т. е. создаются системы соподчиненных объектов. Каждый объект (явление, процесс) определяется набором признаков, выделяющих его из множества других объектов. *Признак* – специфическое свойство объекта, отличающее его от других форм объекта.

Методы классификации в значительной степени связаны с методами разделения множества на подмножества. Существуют два основных метода классификации объектов: иерархический и фасетный.

*Иерархический метод* классификации заключается в том, что исходное множество объектов последовательно разделяется на подмножества (классификационные группировки), а те в свою очередь – на свои подмножества и т. д. Множество объектов разделяется на классы, группы и виды по основным признакам, характеризующим эти объекты по принципу «от общего к частному», т. е. каждая группировка в соответствии с выбранным признаком (основанием деления) делится на несколько других группировок, каждая из которых по другому признаку делится еще на несколько подчиненных группировок и т. д. Таким образом, между классификационными группировками устанавливается отношение подчинения (иерархии).

Таблица 3.2

Сравнительная таблица специальных методов стандартизации

Метод	Определение	Назначение	Пример применения
1 Унификация	2 Приведение объектов одинакового функционального, конструктивного или технологического назначения к единообразию путем рационального сокращения несогласованных элементов	3 Сокращение разнообразия изделий (машин, агрегатов, узлов, деталей) для сокращения разнообразия систем, в которых эти изделия применяются	4 Прибор для контроля параметров шероховатости поверхности – профилограф-профилометр, выпускаемый АО «Калибр». Он состоит из самостоятельных унифицированных блоков (датчиков, электронного блока с показывающим устройством, измерительной головки и др.)
Типизация	Установление типовых для данной совокупности объектов, принимаемых за основу (базу) при создании других объектов, близких по функциональному назначению	Ускорение и снижение стоимости подготовки производства изделий, создаваемых на одной базе, облегчение условий эксплуатации типовых (базовых) изделий и их модификаций, использование проверенного решения при разработке нового изделия	Типовые технологические процессы обработки деталей
Агрегатирование	Метод создания и эксплуатации машин, приборов и оборудования из отдельных стандартных, унифицированных узлов, многократно используемых при создании различных изделий на основе геометрической и функциональной взаимозаменяемости	Расширение области применения машин путем замены их отдельных узлов и блоков, возможность компоновки машин, приборостроения различного функционального назначения из отдельных узлов и др.	Агрегатные станки и др.

1	2	3	4
Комплексная стандартизация	Целенаправленное и планомерное установление и применение системы взаимосвязанных требований как к самому объекту комплексной стандартизации в целом, так и к его основным элементам в частности	Установление наиболее рациональных в техническом отношении параметров технических рядов и сортиamenta промышленной продукции, устранение ее излишнего многообразия, неоправданной разнотипности. Взаимосвязь и взаимозависимость смежных отраслей по совместно производству готового продукта, отвечающего требованиям стандартов	Нормы, требования стандартов на автомобили, связанные с нормами металлургической, химической, электротехнической и других отраслей промышленности
Опережающая стандартизация	Установление повышенных по отношению к уже достигнутому на практике уровню норм и требований к объектам стандартизации, которые, согласно прогнозам, будут оптимальными в последующее время	Стандартизация перспективных видов продукции, серийное производство которых еще не начато или находится в начальной стадии	Применение в стандартах организаций прогрессивных международных стандартов и стандартов отдельных зарубежных стран до их принятия в России в качестве национальных
Параметрическая стандартизация	Процесс стандартизации параметрического ряда, который заключается в выборе и обосновании целесообразной номенклатуры и численных значений параметров	Совместимость изделий, улучшение технико-экономических показателей изделий одинакового функционального назначения	Параметрические ряды изделий. Согласованные значения грузопольемности транспортных средств и массы груза (установление геометрических параметров сопряженных деталей: размеров, допусков и посадок, отклонений форм и взаиморасположения поверхностей и др.)

Проведение классификации по иерархическому методу осуществляется по следующей последовательности:

- определение исходного множества объектов;
- выявление основных (существенных) признаков объектов классификации;
- выбор порядка следования признаков – уровни деления и их количество.

*Фасетный метод* классификации заключается в том, что исходное множество объектов разделяется на независимые подмножества (классификационные группировки, таксоны), обладающие определенными заданными признаками, необходимыми для решения конкретных задач.

Особенностью фасетного метода является то, что подмножества объектов формируются по принципу «от частого к общему», т. е. на основании различных наборов конкретных характеристик объекта.

Классификация по фасетному методу проводится в следующей последовательности:

- определение исходного множества объектов;
- выявление основных (существенных) признаков, всесторонне характеризующих объект классификации;
- группирование однородных (существенных) признаков в фасеты и присвоение им кодов;
- определение фасетных формул для образования подмножеств.

С методом *кодирования* связаны следующие понятия.

*Код* – знак или совокупность знаков, присваиваемых объекту в соответствии с принятым методом кодирования с целью его идентификации. Кодовое обозначение характеризуется алфавитом кода, разрядом, структурой, длиной и контрольным числом.

*Алфавит кода* – система знаков (символов), принятых для обозначения кода.

*Разряд кода* – позиция знака в коде.

*Структура кода* – условное обозначение состава и графическое изображение последовательности расположения знаков в коде и соответствующие этим знакам наименования уровней деления.

Коды должны удовлетворять следующим основным требованиям:

- однозначно идентифицировать объекты и (или) группы объектов, т. е. быть идентификаторами;

- иметь минимальное число знаков (минимальную длину), но достаточное для кодирования всех объектов (признаков) заданного множества;
- иметь достаточный резерв для кодирования вновь возникающих объектов кодируемого множества;
- быть удобными для использования на бумажных носителях, а также для компьютерной обработки закодированной информации;
- обеспечивать возможность автоматического контроля ошибок при вводе информации в компьютерные системы.

*Длина кода* – число знаков в коде без учета пробелов.

*Контрольное число* – расчетное число, используемое для проверки записи кода.

Разделяют последовательный, параллельный, порядковый и серийно-порядковый методы кодирования технико-экономической информации.

*Последовательный метод* кодирования заключается в формировании кода классификационной группировки и (или) объекта классификации с использованием кодов последовательно расположенных подчиненных группировок, полученных при иерархическом методе классификации, и его присвоении.

Суть *параллельного метода* кодирования – в образовании кода классификационной группировки и (или) объекта классификации с использованием кодов независимых группировок, полученных при фасетном методе классификации, и его присвоении. Структура кода в этом случае определяется фасетной формулой.

При *порядковом методе* кодирования происходит образование кода из чисел натурального ряда и его присвоение.

*Серийно-порядковый метод* кодирования заключается в формировании кода из чисел натурального ряда, закрепления отдельных серий или диапазонов этих чисел за объектами классификации с одинаковыми признаками и его присвоении.

Другим видом систематизации является *идентификация*.

Набор информации для *идентификации* объекта (изделия), как правило, включает в себя наименование, условное обозначение, код или номер, а также обозначение нормативного или технического документа, определяющего характеристики объекта идентификации. Кроме того, в соответствии с ГОСТ Р 51293–99, для идентификации объекта могут указываться дополнительные свойства и характеристики [57].

Порядок проведения работ по классификации и кодированию информации, используемой для решения задач управления на различных уровнях, регламентирован комплексом национальных стандартов под общим названием «Единая система классификации и кодирования технико-экономической и социальной информации» (ЕСКК ТЭСИ).

Идентификация, классификация и кодирование широко используются в отечественной и зарубежной практике стандартизации для работы с информацией. Эти методы необходимы и при использовании специальных методов стандартизации: унификации, типизации, агрегатирования (см. табл. 3.2). Кроме названных, к специальным методам стандартизации относятся параметрическая, комплексная и опережающая стандартизация.

В основе *унификации* как специального метода стандартизации лежит конструктивное подобие деталей, узлов, агрегатов, машин и приборов, которое определяется общностью рабочих процессов, условиями работы, т. е. общностью эксплуатационных требований. В процессе унификации часто используют методы систематизации и классификации. Стандартизация изделий обязательно предусматривает их унификацию, при этом унификация может по времени осуществляться до стандартизации, если ее результаты не оформлены стандартом.

Чем больше унифицированных узлов и деталей в машине, тем короче сроки проектирования и изготовления, так как сокращается количество чертежей, вновь разрабатываемых технологических процессов, проектируемой оснастки и т. п. Унификация позволяет повысить серийность и уровень автоматизации производственных процессов, обеспечить мобильность промышленности при выпуске новых изделий, организовать специализированные производства.

Задачами унификации являются:

- использование во вновь создаваемых группах изделий одинакового или близкого функционального назначения ранее спроектированных, освоенных в производстве составных элементов (агрегатов, узлов, деталей);
- разработка унифицированных составных элементов для применения во вновь создаваемых или модернизируемых изделиях;
- разработка конструктивно-унифицированных рядов изделий;
- ограничение целесообразным минимумом номенклатуры разрешаемых к применению изделий и материалов;
- уменьшение многообразия имеющихся видов продукции, ее типов и типоразмеров;



- изменение конструкций и исполнительных размеров, марок материала, точности изготовления аналогичных деталей и т. п.;
- создание комплексов взаимозаменяемых агрегатов, узлов и деталей;
- пересмотр видов, типов и типоразмеров, изготавливаемых или приобретаемых для комплектации изделий с целью замены морально устаревших.

*Конструктивно-унифицированным рядом*, упомянутым в списке задач унификации, является закономерно построенная совокупность машин, приборов, агрегатов или других изделий, включая базовое изделие и его модификации одинакового или близкого функционального назначения, а также изделия с аналогичной или близкой кинематикой и схемой рабочих движений.

Объектами унификации могут быть изделия массового, серийного и единичного производства. Номенклатуру изделий, подлежащих унификации, определяют, исходя из важности и перспективности этих изделий, объема и характера их производства, наличия стандартов на основные параметры изделий и их составных частей, характера взаимосвязи унифицируемых изделий с другими изделиями в процессе производства и применения.

Базой унификации является стандартизация с ее системой предпочтительных чисел, позволяющей устанавливать оптимальные значения параметров и размеров изделий, а также комплексов стандартов на основные нормы, обеспечивающие взаимозаменяемость унифицированных деталей, узлов (агрегатов), изделий.

Выделяют два основных направления развития унификации: *ограничительное и компоновочное*.

*Ограничительное направление* характеризуется анализом номенклатуры выпускаемых изделий и ее ограничением до целесообразного минимума. Это направление в мировой практике получило название «симплификация».

*Симплификация объектов стандартизации* – это элементарный вид унификации, основанный на простом сокращении наименее употребляемых элементов.

*Компоновочное направление* характеризуется проведением анализа потребностей с целью выявления номенклатуры изделий, необходимых экономике страны. В результате такого анализа создаются новые ряды машин и их типоразмеры на основе компоновки из определенного набора унифицированных сборочных единиц в пределах стандартных типоразмерных рядов. При этом также используют метод селекции объектов стандартизации.

*Селекция объектов стандартизации* – отбор конкретных объектов, которые признаются целесообразными для дальнейшего производства.

Процессы селекции и симплификации часто осуществляются параллельно, но им предшествуют классификация и ранжирование объектов, специальный анализ перспективности и сопоставление в производстве.

Работы по унификации могут проводиться на трех уровнях: заводском (например, производство автомобилей ВАЗ), отраслевом (например, изготовление электроламп для любых автомобилей), межотраслевым (например, изготовление крепежных изделий, пригодных для любых механизмов). Кроме того, в последнее время успешно развивается международная унификация.

Существует следующая общепринятая последовательность деятельности по унификации:

- определение направления, вида и уровня унификации;
- сбор и анализ чертежей унифицируемых изделий, классификация чертежей в соответствии с поставленной задачей;
- разработка новой конструкции, либо выбор одной из существующих в качестве унифицированной конструкции, которая сможет заменить все ранее применявшиеся;
- установление оптимального количества типоразмеров и разработка стандарта на конструктивно-унифицированный ряд деталей;
- организация специализированного производства стандартных деталей.

Следующим методом стандартизации является *типизация*. Ее иногда называют методом «базовых конструкций», так как в процессе типизации выбирается объект, наиболее характерный для данной совокупности объектов, имеющий оптимальные для нее свойства. При получении конкретного объекта (изделия или технологического процесса) выбранный типовой объект может претерпевать лишь некоторые частичные изменения или доработки. Типизация завершается стандартизацией разработанных типовых объектов.

Типизация как эффективный метод стандартизации развивается в трех основных направлениях:

- стандартизация типовых изделий общего назначения;
- стандартизация типовых технологических процессов;
- создание технических документов, устанавливающих порядок проведения каких-либо работ, расчетов, испытаний и т. п.

Актуальность типизации технологических процессов обусловлена неоправданно большим разнообразием существующих вариантов технологи-

ческих процессов при изготовлении одинаковых деталей, что приводит к повышению себестоимости изготовления продукции. При смене объекта производства весь объем технологических разработок повторяется заново и значительная часть технологических процессов дублирует ранее разработанные, в то время как установлено, что отдельные элементы конструкций (до 70–80 % всей их номенклатуры) переходят из изделия в изделие с незначительными изменениями, сохраняя основные конструктивно-унифицированные параметры, характерные для данного типа.

В гибких производственных системах при быстрой смене конструкций изделий необходимо создавать технологические процессы не применительно к одному конкретному изделию, а в расчете на использование их при изготовлении большинства типовых деталей узлов данного вида, т. е. на основе типизации.

В практике работ по типизации технологических процессов применяется следующая последовательность этапов:

- классификация объектов основного и вспомогательного производства, технологических операций и средств технологического оснащения (оборудования, приспособлений, режущего и измерительного инструментов). Она ведется на базе классификаторов, например, «Общероссийского технологического классификатора деталей машиностроения и приборостроения» (ТКД) [58], в соответствии с которым детали группируют по признакам, определяющим общность их конструкции и технологических процессов их изготовления;

- анализ возможных технологических решений при изготовлении деталей классификационной группы и проектирование оптимального типового (группового) процесса для каждой группы;

- определение типового технологического процесса, являющегося общим для каждой группы деталей, имеющего единый план обработки по основным операциям, однотипное оборудование и технологическую оснастку. При разработке типового технологического процесса за основу может быть взят наиболее совершенный действующий технологический процесс или спроектирован новый;

- стандартизация типового технологического процесса и его документальное оформление в соответствии с требованиями стандартов Единой системы технологической документации (ЕСТД). Типовой технологический процесс оформляется в виде карт технологического маршрута и набора стан-

дартных карт (технологических стандартов). Таким образом получают нормативный документ, действующий на уровне предприятия, который используется специалистами и положительно влияет на общую эффективность производственного процесса.

Для понимания сущности *метода агрегатирования* рассмотрим понятие «агрегат».

*Агрегат* – укрупненный унифицированный узел машины или прибора, который обладает такими качествами, как «отделимость» и «полная взаимозаменяемость»; он завершен в функциональном (самостоятельно выполняет определенную функцию) и конструктивном отношении; имеет стандартные габаритные и присоединительные размеры, допускающие быструю и надежную сборку, а также он отработан технологически и хорошо изучен в эксплуатации.

Конструкции большинства изделий (машин, приборов и оборудования) могут быть расчленены на ряд автономных агрегатов (узлов). Подобное «расчленение» машин производится на основе структурного анализа их составных частей, позволяющего выделить автономные функциональные узлы (агрегаты) с учетом применения их в ряде других машин. Затем эти агрегаты унифицируются, стандартизируются и могут составлять конструктивно-унифицированные (типоразмерные) ряды. Изготавливаются они независимо друг от друга и обладают полной взаимозаменяемостью по всем эксплуатационным показателям и присоединительным размерам.

При разработке научных основ агрегатирования используются основные положения теории машин и механизмов. Для определения рациональной разбивки конструкций на элементы необходимо использовать классификатор деталей.

Принципиальное преимущество метода агрегатирования заключается в том, что при специализированном производстве стандартных агрегатов и их поставке заказчикам последние получают возможность самостоятельно компоновать необходимое оборудование. Кроме того, приобретение готовых узлов, изготавливаемых на специализированных заводах, позволяет удешевить и упростить ремонт машин и оборудования.

Отечественный и зарубежный опыт показывает, что при частой сменяемости или модернизации изготавливаемых изделий агрегатирование является наиболее прогрессивным методом конструирования, обеспечивающим ускорение технического прогресса и большой положительный экономический эффект.

Таким образом, построение техники на основе унификации, типизации и агрегатирования позволяет сократить сроки проектирования и изготовления изделий, сэкономить трудовые и материальные ресурсы, упростить и ускорить ремонт и модернизацию изделий, а также повысить их качество.

Следует отметить, что показатели, нормы, характеристики и требования в стандартах должны соответствовать мировому уровню науки, техники и производства и учитывать тенденцию развития стандартизируемых объектов. При этом необходимо устанавливать экономически оптимальные показатели качества, учитывающие не только эффективность нового (повышенного) качества продукции, но и затраты на ее изготовление, материал и эксплуатацию, т. е. должен быть обеспечен максимальный экономический эффект при минимальных затратах. Достижению этой цели способствуют методы комплексной и опережающей стандартизации.

Применительно к продукции *комплексная стандартизация* – это установление и применение взаимосвязанных по своему уровню требований к качеству готовых изделий, необходимых для их изготовления сырья, материалов и комплектующих узлов, а также условий сохранения и потребления (эксплуатации).

Комплексная стандартизация позволяет создавать техническую базу для организации массового и поточного производства на специализированных предприятиях с применением более совершенной технологии, ускорять внедрение новейшей техники, обеспечивать эффективное решение вопросов, связанных с повышением качества изделий.

В современных условиях инструментами практической организации работ по комплексной стандартизации продукции являются разработка и реализация программ комплексной стандартизации. Они предусматривают «сквозные» требования для достижения установленных в нормативной документации технического уровня и качества изделий на следующие объекты:

- сырье;
- материалы;
- полуфабрикаты;
- детали;
- узлы;
- комплектующие изделия;
- оборудование;
- инструменты;

- технические средства контроля и испытаний;
- метрологическое обеспечение;
- методы организации и технической подготовки производства;
- методы хранения, транспортировки и др.

Решающим критерием выбора объектов комплексной стандартизации и одновременно очередности их стандартизации является экономически оптимальный уровень качества будущего изделия.

*Опережающая стандартизация* проявляется путем разработки как отдельных стандартов, так и комплексов стандартов, устанавливающих перспективные основные требования к подлежащим разработке объектам, актуальным как на сегодняшний день, так и для разработки и освоения продукции в будущем. Важнейшим условием проведения опережающей стандартизации является наличие времени упреждения производства комплектующих изделий, новых материалов и вспомогательной продукции повышенного качества по отношению к времени производства конечного изделия.

Принципы опережающей стандартизации действуют на всех стадиях жизненного цикла изделия. Опережающая стандартизация осуществляется одновременно с проведением научных исследований.

Научно-техническую основу опережающей стандартизации составляют достижения прикладных научных исследований, открытия и изобретения, подлежащие реализации; методы оптимизации параметров объектов стандартизации; методы прогнозирования технического прогресса и роста потребностей народного хозяйства и населения страны.

*Параметрическая стандартизация* заключается в выборе и обосновании целесообразной номенклатуры и численного значения параметров. Набор установленных значений параметров называется параметрическим рядом.

*Параметр продукции* – это количественная характеристика свойства продукции. Наиболее важными параметрами продукции являются характеристики, определяющие ее назначение и условия использования:

- размерные параметры;
- весовые параметры;
- параметры, характеризующие производительность машин и приборов;
- энергетические параметры.

Обычно типоразмеры деталей и типовых соединений, ряды допусков, посадок и другие параметры стандартизируют одновременно для многих отраслей промышленности, поэтому такие стандарты охватывают боль-

шой диапазон значений параметров. Чтобы повысить уровень взаимозаменяемости и уменьшить номенклатуру изделий и типоразмеров заготовок, размерного режущего инструмента, оснастки, производительность, скорость, число оборотов и мощность, используемых в той или иной отрасли промышленности, а также чтобы создать условия для эффективной специализации и кооперирования заводов, удешевления продукции, при унификации и разработке стандартов, применяют принцип предпочтительности.

*Принцип предпочтительности* является теоретической базой современной стандартизации. Согласно этому принципу устанавливают несколько рядов значений стандартизируемых параметров с тем, чтобы при их выборе первый ряд предпочесть второму, а второй – третьему.

В соответствии с этим ряды предпочтительных чисел должны удовлетворять следующим требованиям:

- представлять рациональную систему градаций, отвечающую потребностям производства и эксплуатации;
- быть бесконечными в уменьшении и увеличении чисел;
- включать в себя все последовательные десятикратные или дробные значения каждого числа ряда;
- быть простыми и легко запоминающимися.

Наиболее широко используют в стандартизации ряды предпочтительных чисел, построенные по принципу геометрической прогрессии.

Положительные свойства геометрической прогрессии заключаются в том, что количество членов в каждом десятичном интервале (1–10; 10–100; 100–1000 и т. д., а также 1–0,1; 0,1–0,01; 0,01–0,001 и т. д.) на протяжении всей прогрессии постоянно и равно 5; 10; 20; 40; 80 и 160 для названных знаменателей прогрессий. Произведение или частное двух любых членов прогрессии является членом этой прогрессии. Целые положительные или отрицательные степени любого члена прогрессии всегда являются ее членами. Члены ряда со знаменателем прогрессии  $10\sqrt{10}$  удваиваются через каждые 3 члена прогрессии, со знаменателем  $20\sqrt{10}$  – через каждые 6, со знаменателем прогрессии  $40\sqrt{10}$  – через каждые 12, со знаменателем  $80\sqrt{10}$  – через каждые 24, а со знаменателем  $160\sqrt{10}$  – через каждые 48 членов ряда. В рядах со знаменателями  $10\sqrt{10}$ ;  $20\sqrt{10}$ ;  $40\sqrt{10}$ ;  $80\sqrt{10}$ ;  $160\sqrt{10}$  содержится число 3,15, приблизительно равное  $\pi$ . Благодаря этому длина окружности и площади круга, диаметр которого является предпочтительным числом, примерно равны предпочтительным числам.

Ряд со знаменателем прогрессии  $40\sqrt{10}$  включает в себя предпочтительные числа 375; 750; 1500; 3000, имеющие особое значение в электротехнике, так как они представляют собой синхронные частоты вращения валов электродвигателей, измеряемые оборотами в минуту.

Многие промышленно развитые страны приняли национальные стандарты на нормальные линейные размеры. В РФ действует ГОСТ 8032–84 «Предпочтительные числа и ряды предпочтительных чисел» [59]. Этот стандарт определяет предпочтительные числа и ряды предпочтительных чисел, которые должны применяться при установлении градаций и отдельных значений параметров технических объектов, а также нормирует дополнительные ряды чисел, применяемые в случаях, когда использование рядов предпочтительных чисел невозможно или нецелесообразно. Стандартом установлены четыре основных ряда предпочтительных чисел ( $R5$ ,  $R10$ ,  $R20$ ,  $R40$ ) и два дополнительных ( $R80$  и  $R160$ ).

Отступление от предпочтительных чисел и их рядов допускается в следующих случаях:

- округление до предпочтительного числа выходит за пределы допускаемой погрешности;
- значения параметров технических объектов следуют закономерности, отличной от геометрической прогрессии.

В порядке исключения, если округление до приведенных чисел связано с потерей эффективности или невозможно, то допускается воспользоваться предпочтительными числами дополнительных рядов ( $R80$  и  $R160$ ). Обозначения и знаменатели дополнительных рядов предпочтительных чисел приводятся в ГОСТ 8032–84 [59].

При установлении размеров, параметров и других числовых характеристик их значения следует брать из основных рядов предпочтительных чисел. При этом величины ряда  $R5$  необходимо предпочесть величинам ряда  $R10$ , величины ряда  $R10$  – величинам  $R20$ , последние – величинам  $R40$ .

Кроме основных и дополнительных рядов стандартом нормированы выборочные, составные ряды предпочтительных чисел, приближенные предпочтительные числа, производные предпочтительные и специальные ряды чисел.

Выборочные ряды предпочтительных чисел должны применяться, когда уменьшение числа градаций создает дополнительный эффект по сравнению с использованием полных рядов. При этом предпочтение следует отдавать рядам, приведенным в ГОСТ 8032–84 [59].



Из выборочных рядов с одинаковым значением следует предпочесть ряд, содержащий единицу или число, единственной значащей цифрой которого является единица (например, 0,01; 0,1; 10; 100 и т. д.).

Допускается использовать производные предпочтительные ряды чисел, которые устанавливаются для случаев, когда из-за естественных закономерностей не могут быть применены геометрические ряды, регламентированные ГОСТ 8032–84. Производные ряды получают путем простейшего преобразования основных и дополнительных рядов предпочтительных чисел и соответственно делят на основные и дополнительные.

Производные ряды применяют тогда, когда ни один из основных рядов не удовлетворяет предъявленным требованиям и когда устанавливают градации числовых характеристик, зависящих от параметров и размеров, образованных на базе основных рядов.

Иногда при стандартизации применяют ряды предпочтительных чисел, построенные по арифметической прогрессии, например 1; 2; 3; 4; 5; 6, ... или 25; 50; 75; 100; 125; 150 ... . Для арифметического ряда характерно то, что разность между любыми двумя соседними числами всегда постоянна.

Применяют также ступенчато-арифметические ряды, у которых на отдельных отрезках прогрессии разность между соседними членами различная (например, ряды диаметров метрических резьбы: 1,0; 1,1; 1,2; 1,4; 1,6; 1,8; 2,0; 2,21; ...; 3,0; 3,5; 4,0; 4,5; ...; 145; 150; 155; 160 и т. д.).

Введение единого порядка при переходе от одних числовых значений параметров к другим во всех отраслях промышленности уменьшает количество типоразмеров, способствует более экономному расходованию исходных материалов, позволяет согласовать и увязать между собой различные виды изделий, материалов, полуфабрикатов, транспортных средств, производственного оборудования (по мощности, габаритам и т. д.).

Если, например, на предприятии предполагается выпускать семь типоразмеров двигателей (минимальная мощность первого типоразмера 10 кВт), то по нормальному ряду чисел параметрического ряда R5 сформируется ряд из двигателей следующих мощностей: 10, 16, 25, 40, 63, 100 и 160 Вт.

Установленные ГОСТ 8032–84 предпочтительные числа и ряды предпочтительных чисел в еще большей мере обеспечивают унификацию значений параметров технических объектов и регламентацию наиболее рационального числа типоразмеров конкретных видов продукции.

Предпочтительные числа и их ряды, принятые за основу, служат при назначении классов точности, размеров, углов, радиусов, канавок, уступов, линейных размеров, сокращают номенклатуру режущего и измерительного инструмента, кулачков для автоматов, штампов, пресс-форм, приспособлений, а также для упорядочения выбора величин и градаций параметров производственных процессов, оборудования, приспособлений, материалов, полуфабрикатов, транспортных средств и т. п. Для этой цели разрабатывают стандарты на параметрические (типоразмерные, конструктивные) ряды этих изделий.

*Параметрическим рядом* называют закономерно построенную в определенном диапазоне совокупность числовых значений главного параметра машин (или других изделий) одного функционального назначения, аналогичных по кинематике или рабочему процессу.

Главный параметр (параметр, который определяет важнейший эксплуатационный показатель машины и не зависит от технических усовершенствований изделия и технологии изготовления) служит базой при определении числовых значений основных параметров (параметры, которые определяют качество машин).

Стандарты на параметрические ряды должны предусматривать внедрение в промышленность технически более совершенных и производительных машин, приборов и других видов изделий с тем, чтобы они содействовали научно-техническому прогрессу во всех областях народного хозяйства. Данные ряды должны допускать установление параметров для систем машин, внутритиповую и межтиповую унификацию и агрегатирование машин и приборов, а также возможность создания различных модификаций изделий на основе агрегатирования. Это способствует росту уровня взаимозаменяемости, повышению серийности, технического уровня и качества выпускаемой продукции, расширению объемов ее производства, улучшению организации инструментального хозяйства на предприятиях (объединениях). В результате значительно снижается себестоимость изделий, а в масштабе всей промышленности может быть получена весомая экономия.

Изготовителям целесообразно иметь более разреженный параметрический ряд, что позволит уменьшить затраты на освоение производства, сократить номенклатуру оснастки, организовать высокопроизводительное и рациональное производство. Для потребителей же более выгоден густой ряд, позволяющий производителю рациональнее использовать применяе-

мое оборудование, материалы, электроэнергию, производственные площади. Поэтому критерием для выбора сравниваемых рядов является минимум затрат на изготовление и эксплуатацию изделия.

Теоретические основы стандартизации позволяют выполнять ее основные функции и задачи. В частности, результаты деятельности в области стандартизации направлены на выполнение следующих социально-экономических функций [60]:

- упорядочение объектов (продукции, работ, услуг), создаваемых в процессе научно-технического творческого труда;
- установление в документах по стандартизации оптимальных организационно-технических, общетехнических, технических и технико-экономических требований;
- добровольное использование и соблюдение оптимальных требований, установленных в документах по стандартизации.

В процессе выполнения социально-экономических функций стандартизации решаются ее следующие задачи:

- установление оптимальных требований к номенклатуре и качеству продукции в интересах потребителя и государства;
- обеспечение взаимопонимания между разработчиками, изготовителями, продавцами и потребителями;
- установление требований по совместимости (конструктивной, электрической, электромагнитной, информационной, программной и т. д.), а также взаимозаменяемости продукции;
- согласование и увязка показателей и характеристик продукции, ее элементов, комплектующих изделий, сырья и материалов;
- унификация на основе установления и применения параметрических и типоразмерных рядов, базовых конструкций, конструктивно-унифицированных и блочно-модульных составляющих частей изделия;
- установление требований к технологическим процессам для снижения материалоемкости, энергоемкости и трудоемкости;
- разработка и введение систем классификации и кодирования технико-экономической информации;
- создание системы каталогизации для обеспечения потребителей информацией по номенклатуре и основным показателям продукции;
- содействие выполнению законодательства РФ методиками и средствами стандартизации.

Международно-признанными, приоритетными направлениями работ по стандартизации являются безопасность и экология, информационные технологии, ресурсосбережение, а также нормативное обеспечение качества продукции.

### **3.3. Общетеchnические системы и комплексы стандартов в условиях реформы технического регулирования**

Масштабы экономической деятельности во времена Советского Союза и сложные межотраслевые связи организаций и предприятий вызвали необходимость создания комплексных систем стандартов. Их использование остается актуальным в настоящее время и обеспечивает экономичность, высокое качество продукции (работ, услуг) и эффективность инженерного и управленческого труда. В условиях реформы технического регулирования стандарты систем становятся одной из основ для разработки технических регламентов, опирающихся на базу гармонизированных с ними стандартов.

Для каждой системы (комплекса) стандартов определены виды объектов стандартизации: документация, процессы выполнения работ, продукция, явления и предметы природы и др. Для каждого объекта стандартизации характерны виды требований, охватываемые системой (комплексом) стандартов. Например, для такого объекта, как документация требованиями стандартов являются классификация, форма, структура, содержание; а для процессов – организация и правила (порядок) выполнения работ и др. Следует отметить, что в ряде систем присутствуют системообразующие стандарты, в них установлено определение и назначение системы, ее структура, границы, принципы построения и развития [61].

Как правило, обозначение стандартов той или иной системы в регистрационном номере содержит цифровой шифр (цифры с точкой), который характеризует принадлежность стандарта данной системе (например, ГОСТ Р 1.5–2012). В названии стандарта, принадлежащего системе, сначала присутствует групповой заголовок – название системы, а затем заголовок, определяющий объект стандартизации – название стандарта (например, ГОСТ 2.001–2013 «Единая система конструкторской документации. Общие положения» [62]).

В табл. 3.3 приведен перечень систем (комплексов) стандартов, сопряженных с машиностроением, с описанием видов требований по стандартизации.

Таблица 3.3

## Перечень систем (комплексов) стандартов, сопряженных с машиностроением

Наименование и обозначение	Шифр	Системообразующий стандарт	Виды требований по стандартизации
1	2	3	4
Стандартизация в Российской Федерации (СРФ)	1.	–	Классификация; терминология; виды нормативных документов по стандартизации, требования к их форме, структуре, содержанию; организация, правила выполнения работ по стандартизации
Единая система конструкторской документации (ЕСКД)	2.	ГОСТ 2.001–93 ЕСКД. Общие положения	Классификация; терминология; обозначения; виды КД, требования к их форме, структуре, содержанию; организация, правила выполнения работ, связанных с КД
Единая система технологической документации (ЕСТД)	3.	ГОСТ 3.1001–2011 ЕСТД. Общие положения	Классификация; терминология; виды ТД, требования к их форме, структуре, содержанию; организация, правила выполнения работ, связанных с ТД
Система показателей качества продукции (СПКП)	4.	–	Номенклатура показателей качества продукции; классификация
Государственная система обеспечения единства измерений (ГСИ)	8.	–	Классификация; терминология по единицам физических величин (эталоны), измерительным процессам; организация, правила выполнения работ в области метрологии; методы (методики) и средства измерений
Единая система защиты от коррозии и старения (ЕСЗКС)	9.	ГОСТ 9.101–2002 ЕСЗКС. Основные положения	Классификация; терминология; общие и технические требования; методы; типовые технологические процессы
Система стандартов безопасности труда (ССБТ)	12.	ГОСТ Р 12.0.001–2013 ССБТ. Основные положения	Классификация; терминология; общие технические требования к продукции, средствам индивидуальной защиты, процессам; организация, правила выполнения работ

Окончание табл. 3.3

1	2	3	4
Единая система технологической подготовки производства (ЕСТПП)	14.	–	Терминология; показатели технологичности конструкций; технологический контроль КД
Система разработки и постановки продукции на производство (СПП)	15.	ГОСТ Р 15.000–94 СРПП. Основные положения	Требования к форме, структуре, содержанию документации; организация (порядок) выполнения работ на каждой стадии
Система стандартов в области охраны природы и улучшения использования природных ресурсов (ССОП)	17.	ГОСТ 17.0.0.01–76 ССОП. Основные положения	Классификация; терминология; параметры (нормы); общие технические требования к промышленным и сельскохозяйственным объектам; требования к форме, структуре, содержанию документации; организация (порядок) выполнения работ
Обеспечение износостойкости изделий	23.	ГОСТ 23.001–2004. Обеспечение износостойкости изделий. Основные положения	Методы; процессы испытаний
Расчеты и испытания на прочность в машиностроении	25.	ГОСТ 25.001–78. Расчеты и испытания на прочность в машиностроении. Комплекс нормативно-технической и руководящей документации. Общие положения	Терминология; методы испытаний
Надежность в технике	27.	27.001–2009. Надежность в технике. Основные положения	Терминология; методы оценки надежности

Примечание. КД – конструкторская документация; ТД – техническая документация.

*Комплекс стандартов «Стандартизация в Российской Федерации»* является системообразующим для всей деятельности по стандартизации.

*ЕСКД* – одна из первых систем стандартов, введенных в действие, состоит более чем из 160 документов. Основные изменения в стандартах системы в настоящее время касаются широкого внедрения вычислительной техники и информационных технологий, разработки новых документов. Аналогичным изменениям подвергается система *ЕСТД*, которая гармонизирована с *ЕСКД* и включает в себя более 50 стандартов.

Стандарты *СПКП* содержат номенклатуры показателей качества, обозначение показателей, наименование характеризваемого свойства и применимость показателей качества продукции. Примерами стандартов *СПКП* являются следующие: ГОСТ 4.93–86 «Система показателей качества продукции. Станки металлообрабатывающие. Номенклатура показателей», ГОСТ 4.348–85 «Система показателей качества продукции. Инструмент алмазный. Номенклатура показателей» и др.

*ГСИ* содержит более 400 документов, которые используются во всех отраслях экономики на всех стадиях жизненного цикла продукции. Важнейшими стандартами системы являются ГОСТ 8.417–2002 «Государственная система обеспечения единства измерений. Единицы величин», ГОСТ 8.009–84 «Государственная система обеспечения единства измерений. Нормируемые метрологические характеристики средств измерений». Данный стандарт распространяется на средства измерений и устанавливает номенклатуру метрологических характеристик (МХ), правила выбора комплексов нормируемых МХ для конкретных типов средств измерений и способы нормирования МХ в нормативно-технических документах на средства измерений и др.

Требования стандартов *ЕСЗКС* (ГОСТ 9.101–2002) обеспечивают защиту имущества физических или юридических лиц, государственного или муниципального имущества от таких разрушительных процессов, как коррозия металлов. Требования стандартов данной системы учитываются при проектировании, производстве и эксплуатации изделий. Структура *ЕСЗКС* включает в себя девять групп взаимосвязанных национальных стандартов, объединенных по видам защиты изделий и материалов, т. е. учитывающих выбор материалов и их контактов, покрытия металлические и неметаллические, неорганические, органические покрытия, а также учитывающих временную противокоррозионную защиту, электрохимическую защиту, защиту

материалов от старения, от биоповреждений, методы коррозионных испытаний, организационно-методические правила и др. [63].

*ССБТ* направлена на обеспечение безопасности труда, снижение производственного травматизма и профессиональной заболеваемости. ГОСТ Р 12.0.001–2013 устанавливает следующие группы стандартов системы: организационно-методические стандарты, стандарты требований безопасности к производственному оборудованию, процессам, средствам защиты работников, требования и нормы по видам опасных и вредных производственных факторов [64]. Стандарты ССБТ используются для выполнения требований технических регламентов. В частности, технический регламент «О безопасности машин и оборудования» сопровождается перечнем документов в области стандартизации, в результате применения которых на добровольной основе обеспечивается соблюдение требований данного технического регламента [48]. В состав перечня входят пять стандартов ССБТ (например, ГОСТ 12.2.003–91 ССБТ «Оборудование производственное. Общие требования безопасности»; ГОСТ Р 12.4.026–2001 ССБТ «Цвета сигнальные, знаки безопасности и разметка сигнальная. Назначение и правила применения. Общие технические требования и характеристики. Методы испытаний» и др.).

Документы, включенные в перечень, используются при обязательной сертификации и декларировании соответствия. Таким образом, стандарты ССБТ остаются основой при проведении обязательного подтверждения соответствия продукции, также они используются при сертификации процессов и услуг на безопасность работ по охране труда в организациях. Нормы ССБТ уточняются, конкретизируются в технических условиях на продукцию, в стандартах на процессы (работы) и услуги, а также в проектной, конструкторской, технологической, эксплуатационной и ремонтной документации, в правилах, инструкциях и другой документации по охране труда.

*ЕСТПП* включает в себя терминологический стандарт ГОСТ 14.004–83 «Технологическая подготовка производства. Термины и определения основных понятий».

Положения стандартов *СРПП* применяются всеми расположенными на территории РФ субъектами хозяйственной деятельности независимо от форм собственности, имеющими прямое и (или) непосредственное отношение к разработке, производству (в том числе ремонтному производству), эксплуатации (применению, хранению) продукции. Согласно ГОСТ Р 15.000–94, в ос-



нову формирования СРПП положены следующие принципы: принцип целенаправленного и комплексного охвата видов выполняемых работ на стадиях жизненного цикла продукции, взаимосвязанных между собой; модульный принцип организации работ при исследовании и обосновании разработки. При разработке, производстве, эксплуатации (хранении, применении) и ремонте продукции соблюдение этих принципов обеспечивает организационно-технический механизм взаимоотношений субъектов хозяйственной деятельности в условиях различных экономико-правовых ситуаций, а также упорядоченную технологию проведения работ на стадиях жизненного цикла продукции, при необходимости конкурентности их проведения. Также, согласно данным принципам, обеспечивается необходимый технический уровень и качество продукции, ее конкурентоспособность. Система представляет собой совокупность десяти групп стандартов, сформированных по стадиям жизненного цикла продукции [65].

В связи с тем, что большинство машиностроительных и других промышленных предприятий оказывают негативное воздействие на окружающую среду, стандарты ССОП помогают управлять данной сферой деятельности и способствуют снижению вредного воздействия. Система ССОП содержит девять групп стандартов. Объекты стандартов ССОП имеют следующие виды: нормы и методы измерений загрязняющих выбросов и сбросов, методы определения параметров состояния природных объектов и интенсивности хозяйственных воздействий, требования к устройствам, аппаратам и сооружениям по защите окружающей среды от загрязнений и др. [66].

Следующие системы (комплексы) стандартов можно отнести к специализированным, рассмотрим область их распространения и примеры стандартов.

*Система «Обеспечение износостойкости изделий»* содержит стандарт с основными положениями системы и стандарты на методы оценки износостойкости изделий. ГОСТ 23.001–2004 «Обеспечение износостойкости изделий. Основные положения» распространяется на сопряжения, работающие в условиях трения скольжения, качения и качения с проскальзыванием [67]. Примерами стандартов на методы оценки износостойкости являются ГОСТ 23.208–79 «Обеспечение износостойкости изделий. Метод испытания материалов на износостойкость при трении о жестко закрепленные абразивные частицы», ГОСТ 23.220–84 «Обеспечение износостойкости изделий. Метод оценки истирающей способности поверхностей восстановленных валов» и др.

*Комплекс стандартов «Расчеты и испытания на прочность в машиностроении»* включает в себя ГОСТ 25.001–78 «Расчеты и испытания на прочность в машиностроении. Комплекс нормативно-технической и руководящей документации. Общие положения», который устанавливает состав, назначение, область распространения, классификацию нормативно-технических и руководящих документов и обозначение стандартов по расчетам и испытаниям на прочность в машиностроении [68]. Примерами стандартов на методы испытаний на прочность являются ГОСТ 25.502–79 «Расчеты и испытания на прочность в машиностроении. Методы механических испытаний металлов. Методы испытаний на усталость», ГОСТ 25.503–97 «Расчеты и испытания на прочность. Методы механических испытаний металлов. Метод испытания на сжатие» и др.

*Система стандартов «Надежность в технике»* касается следующих групп объектов стандартизации: общие вопросы, организация работ по обеспечению надежности, способы обеспечения надежности на стадиях жизненного цикла продукции, анализ и расчет надежности, испытания, контроль, оценка надежности. Системообразующим стандартом системы является ГОСТ Р 27.001–2009 «Надежность в технике. Система управления надежностью. Основные положения» [69]. В качестве представителей стандартов системы можно назвать ГОСТ 27.203–83 «Надежность в технике. Технологические системы. Общие требования к методам оценки надежности», ГОСТ 27.204–83 «Надежность в технике. Технологические системы. Технические требования к методам оценки надежности по параметрам производительности», ГОСТ Р 27.302–2009 «Надежность в технике. Анализ дерева неисправностей».

Рассмотрим подробнее системы ЕСКД и ЕСТД. *Единая система конструкторской документации* – комплекс стандартов, устанавливающих взаимосвязанные правила, требования и нормы по разработке, оформлению и обращению конструкторской документации, разрабатываемой и применяемой на всех стадиях жизненного цикла изделия (при проектировании, разработке, изготовлении, контроле, приемке, эксплуатации, ремонте, утилизации) [62].

Системообразующий стандарт системы ГОСТ 2.001–2013 «ЕСКД. Общие положения» устанавливает определение, назначение, область распространения, классификацию и правила обозначения межгосударственных стандартов, входящих в комплекс стандартов ЕСКД, а также порядок их внедрения.

Основное назначение стандартов ЕСКД, в соответствии с ГОСТ 2.001–2013, состоит в установлении оптимальных правил, требований и норм выполнения, оформления и обращения КД, которые обеспечивают:

- применение современных методов и средств на всех стадиях жизненного цикла изделия;
- возможность взаимообмена КД без ее переоформления;
- оптимальную комплектность КД;
- механизацию и автоматизацию обработки КД и содержащейся в ней информации;
- высокое качество изделий;
- наличие в КД требований, обеспечивающих безопасность использования изделий для жизни, здоровья потребителей, окружающей среды, а также предотвращение причинения вреда имуществу;
- возможность расширения унификации и стандартизации при проектировании изделий и разработке КД;
- возможность проведения сертификации изделий;
- сокращение сроков и снижение трудоемкости подготовки производства;
- правильную эксплуатацию изделий;
- оперативную подготовку документации для быстрой переналадки действующего производства;
- упрощение форм КД и графических изображений;
- возможность создания и ведения единой информационной базы;
- возможность гармонизации стандартов ЕСКД с международными стандартами (ИСО, МЭК) в области КД;
- возможность информационного обеспечения поддержки жизненного цикла изделия.

Стандарты ЕСКД распространяются на изделия машиностроения и приборостроения. Область распространения отдельных стандартов расширена, что оговорено во введении к ним.

Установленные стандартами ЕСКД правила, требования и нормы по разработке, оформлению и обращению документации распространяются на следующую документацию:

- все виды КД;
- учетно-регистрационную документацию для КД;
- документацию по внесению изменений в КД;
- нормативную, технологическую, программную документацию, а также научно-техническую и учебную литературу.

Требования ЕСКД применяются в случае, если нормативная, программная документация, а также научно-техническая и учебная литература не регламентируются другими стандартами и нормативами (например, форматы и шрифты для печатных изданий и др.).

Установленные в стандартах ЕСКД правила, требования и нормы распространяются на указанную выше документацию, разработанную организациями, предпринимателями всех форм собственности (субъектами хозяйственной деятельности) стран-участников СНГ, в том числе научно-техническими, инженерными обществами и другими общественными объединениями.

Стандарты ЕСКД распределяются по классификационным группам, представленным в табл. 3.4.

Таблица 3.4

Классификационные группы стандартов ЕСКД

№ группы	Название группы	Стандарты, входящие в группу	
		Обозначение	Название
1	2	3	4
0	Общие положения	ГОСТ 2.001–2013	ЕСКД. Общие положения
		ГОСТ 2.051–2013	ЕСКД. Электронные документы. Общие положения
1	Основные положения	ГОСТ 2.102–2013	ЕСКД. Виды и комплектность конструкторских документов
		ГОСТ 2.105–95	ЕСКД. Общие требования к текстовым документам
		ГОСТ 2.111–2013	ЕСКД. Нормоконтроль
		ГОСТ 2.114–95	ЕСКД. Технические условия
		ГОСТ 2.116–84	ЕСКД. Карта технического уровня и качества продукции
2	Классификация и обозначение изделий и конструкторских документов	ГОСТ 2.201–80	ЕСКД. Обозначение изделий и конструкторских документов
3	Общие правила выполнения чертежей	ГОСТ 2.301–68	ЕСКД. Форматы
		ГОСТ 2.307–2011	ЕСКД. Нанесение размеров и предельных отклонений
		ГОСТ 2.308–2011	ЕСКД. Указание на чертежах допусков формы и расположения поверхностей

Окончание табл. 3.4

1	2	3	4
		ГОСТ 2.320–82	ЕСКД. Правила нанесения размеров, допусков и посадок конусов
4	Правила выполнения чертежей различных изделий	ГОСТ 2.409–74	ЕСКД. Правила выполнения чертежей зубчатых (шлицевых) соединений
		ГОСТ 2.413–72	ЕСКД. Правила выполнения конструкторской документации изделий, изготовляемых с применением электрического монтажа
5	Правила изменения и обращения конструкторской документации	ГОСТ 2.501–2013	ЕСКД. Правила учета и хранения
		ГОСТ 2.503–2013	ЕСКД. Правила внесения изменений
6	Правила выполнения эксплуатационной и ремонтной документации	ГОСТ 2.601–2013	ЕСКД. Эксплуатационные документы
		ГОСТ 2.610–2006	ЕСКД. Правила выполнения эксплуатационных документов
7	Правила выполнения схем	ГОСТ 2.701–2008	ЕСКД. Схемы. Виды и типы. Общие требования к выполнению
		ГОСТ 2.702–2011	ЕСКД. Правила выполнения электрических схем
		ГОСТ 2.703–2011	ЕСКД. Правила выполнения кинематических схем
		ГОСТ 2.743–91	ЕСКД. Обозначения условные графические в схемах. Элементы цифровой техники
		ГОСТ 2.770–68	ЕСКД. Обозначения условные графические в схемах. Элементы кинематики
8	Правила выполнения документов при макетном методе проектирования	ГОСТ 2.801–74	ЕСКД. Макетный метод проектирования. Геометрическая форма, размеры моделей
		ГОСТ 2.804–84	ЕСКД. Макетный метод проектирования. Техническое содержание рабочего макета
9	Прочие стандарты	–	–

Обозначение стандартов ЕСКД производится по правилам, установленным в ГОСТ 1.0–92 [70] и ГОСТ 2.001–93 [62]. Обозначение стандарта состоит:

- из индекса категории стандарта – ГОСТ;
- цифры 2, присвоенной комплексу стандартов ЕСКД;
- цифры (после точки), обозначающей номер группы стандартов;
- двузначного числа, определяющего порядковый номер стандарта в данной группе;
- из двух последних цифр (после тире), указывающих две последние цифры года утверждения стандарта (с 2000 г. обозначение года в номере стандарта указывают четырьмя цифрами).

Согласно стандартам ЕСКД, конструкторский документ – документ, который в отдельности или в совокупности с другими документами определяет конструкцию изделия и имеет содержательную и реквизитную части, в том числе установленные подписи.

К конструкторским документам относятся графические, текстовые, аудиовизуальные (мультимедийные) и иные документы, содержащие информацию об изделии, необходимую для его проектирования, разработки, изготовления, контроля, приемки, эксплуатации, ремонта (модернизации) и утилизации.

В 1965 г. организации Госстандарта совместно с передовыми отраслями промышленности приступили к разработке *Единой системы технологической документации*. Согласно ГОСТ 3.1001–2011, ЕСТД – это комплекс стандартов и рекомендаций, устанавливающих взаимосвязанные правила и положения по порядку разработки, комплектации, оформления и обращения технологической документации, применяемой при изготовлении и ремонте изделий машиностроения и приборостроения [71].

Основным назначением ЕСТД является установление в организациях и на предприятиях единых правил оформления и обращения всех видов технологических документов.

Стандарты ЕСТД распределены на 10 классификационных подгрупп, представленных в табл. 3.5.

Внедрение стандартов ЕСТД способствует улучшению технологической подготовки производства, повышает ответственность и эффективность работы технологических служб и обеспечивает благодаря централизации высокоорганизованное массовое производство бланков технологической документации.

Классификационные подгруппы стандартов ЕСТД

№ группы	Название подгруппы	Стандарты, входящую в группу	
		Обозначение	Название
1	2	3	4
0	Общие положения	ГОСТ 3.1001–2011	ЕСТД. Общие положения
1	Основопологающие стандарты	ГОСТ 3.1102–2011	ЕСТД. Стадии разработки и виды документов
		ГОСТ 3.1103–2011	ЕСТД. Основные надписи
		ГОСТ 3.1107–81	ЕСТД. Опоры, зажимы и установочные устройства
		ГОСТ 3.1116–2011	Графические обозначения ЕСТД. Нормоконтроль
2	Классификация и обозначение технологических документов	ГОСТ 3.1119–83	ЕСТД. Общие требования к комплектности и оформлению комплектов документов на единичные технологические процессы
		ГОСТ 3.1127–93	ЕСТД. Общие правила выполнения текстовых технологических документов
		ГОСТ 3.1128–93	ЕСТД. Общие правила выполнения графических технологических документов
		ГОСТ 3.1201–85	ЕСТД. Система обозначения технологической документации
3	Учет применяемости деталей и сборочных единиц в изделиях и средствах технологического значения	–	–
4	Основное производство. Формы технологических документов и правил их оформления на процессы, специализированные по видам работ	ГОСТ 3.1404–86	ЕСТД. Формы и правила оформления документов на технологические процессы и операции обработки резанием

Окончание табл. 3.5

1	2	3	4
		ГОСТ 3.1407–86	ЕСТД. Формы и требования к заполнению и оформлению документов на технологические процессы (операции), специализированные по методам сборки
5	Основное производство. Формы документов и правил их оформления на испытания и контроль	ГОСТ 3.1502–85 ГОСТ 3.1507–84	ЕСТД. Формы и правила оформления документов на технический контроль ЕСТД. Правила оформления документов на испытания
6	Вспомогательное производство. Формы технологических документов и правила их оформления	ГОСТ 3.1603–91	ЕСТД. Правила оформления документов на технологические процессы (операции) сбора и сдачи технологических отходов
7	Правила заполнения технологических документов	ГОСТ 3.1702–79 ГОСТ 3.1703–79	ЕСТД. Правила записи операций и переходов. Обработка резанием ЕСТД. Правила записи операций и переходов. Слесарные, слесарно-сборочные работы
8	Резервная	–	–
9	Информационная база	ГОСТ 3.1901–74	ЕСТД. Нормативно-техническая информация общего назначения, включаемая в формы технологических документов



Обозначение стандартов ЕСТД производится по правилам, установленным в ГОСТ 1.0-92 [70] и ГОСТ 3.1001–2011 [71]. Обозначение стандарта состоит:

- из индекса категории стандарта – ГОСТ;
- цифры 3, присвоенной комплексу стандартов ЕСТД;
- цифры 1 (после точки), обозначающей номер группы стандартов (машиностроение и приборостроение);
- цифры, обозначающей номер подгруппы стандарта в системе;
- двузначного числа, определяющего порядковый номер стандарта в данной подгруппе;
- из двух последних цифр (после тире), указывающих две последние цифры года утверждения стандарта (с 2000 г. обозначение года в номере стандарта указывают четырьмя цифрами).

Согласно ГОСТ 3.1102–2011, к технологическим документам относят графические и текстовые документы, отдельно или в совокупности определяющие технологический процесс изготовления или ремонта изделия с учетом контроля и перемещения, а также определяющие комплектацию деталей и сборочных единиц и маршрут прохождения изготавливаемого или ремонтируемого изделия по службам предприятия [72].

Стандарты ЕСТД отвечают следующим требованиям [72]:

- обеспечение преемственности со стандартами ЕСКД;
- возможность разработки, заполнения и обработки документации средствами вычислительной техники;
- снижение объема и трудоемкости разработки и унификация порядка утверждения и изменения документов;
- базирование на основе широкого применения типовых технологических процессов;
- введение в стандарт правил обращения документов.

Полный перечень стандартов систем ЕСТД и ЕСКД размещен в ежегодном указателе стандартов и в сети Интернет на официальном сайте Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии [73, 74].

### **3.4. Эффективность работ по стандартизации**

Эффективность работ по стандартизации проявляется как в процессе, так и в результатах деятельности конкретных объектов хозяйствования и заключается в соотношении общественного эффекта применения результатов работ по стандартизации и затрат, связанных с их применением.

Определение эффективности работ по стандартизации осуществляется в следующих целях [51]:

- обоснование целесообразности выполнения конкретных работ по стандартизации;
- выбор наиболее оптимальных вариантов содержащихся в стандартах требований;
- оценка результативности деятельности в области стандартизации.

Определение эффективности работ по стандартизации осуществляется в период применения стандартов при планировании работ по стандартизации, при разработке новых стандартов, а также при пересмотре или внесении изменений в действующие стандарты.

Эффективность работ по стандартизации проявляется в следующих ее видах [51]:

- техническая;
- информационная;
- социальная;
- экономическая.

*Экономическая эффективность* стандартизации – это выраженная в денежном или натуральном показателях экономия живого и овеществленного труда в общественном производстве в результате внедрения стандарта с учетом необходимых затрат.

Определение экономической эффективности рекомендуется осуществлять для стандартов на продукцию и услуги, устанавливающие общие технические требования и технические условия, работы и процессы, испытания, измерения и анализ.

Определить экономическую эффективность стандартизации – значит выявить ее влияние на экономику с учетом результатов стандартизации на всех стадиях жизненного цикла объекта стандартизации. При выявлении экономической эффективности определяют отношение прироста дохода в сопоставимых ценах, рассчитанного по годам за период действия стандарта или за срок службы стандартной продукции, к вызвавшему этот прирост вложениям в основные или оборотные фонды.

Уровень экономической эффективности и характер ее изменения обусловлены воздействием ряда факторов, характеризующих механизмы формирования затрат и результатов деятельности. К ним, прежде всего, относятся такие экономические категории, как себестоимость, цена и производственные фонды.

Определение экономической эффективности стандартизации необходимо для осуществления следующих целей:

- обоснование целесообразности и проведения выбора оптимального варианта стандартизации;
- установление влияния стандартизации на экономические показатели работы предприятий.

В качестве показателей экономической эффективности работ по стандартизации могут быть использованы такие показатели, как экономия, затраты, экономический эффект на единицу продукции, общий экономический эффект.

На основе данных показателей рассмотрим способы определения суммарной эффективности стандартизации продукции, экономической эффективности на единицу продукции, экономии в натуральной форме, сопоставления эффективности различных вариантов мероприятий по стандартизации.

В общем случае *суммарная эффективность стандартизации объектов* (станков, прессов, измерительных приборов) будет равна разности приведенных затрат на создание годового выпуска и эксплуатацию изделий до и после внедрения соответствующих стандартов:

$$\mathcal{E}_{\Sigma} = \Pi_1 - \Pi_2,$$

где  $\mathcal{E}_{\Sigma}$  – суммарная эффективность стандартизации объекта;

$\Pi$  – приведенные затраты.

Индекс «1» здесь и далее обозначает положение до стандартизации, индекс «2» – положение после стандартизации.

В приведенные затраты входят общие капитальные затраты  $K_{\Sigma}$  (научно-исследовательские и опытно-конструкторские затраты) и суммарные текущие затраты  $C_{\Sigma}$  (затраты на изготовление). Суммирование  $K_{\Sigma}$  и  $C_{\Sigma}$  осуществляется по формуле

$$\Pi_2 = C_{\Sigma} + E_n K_{\Sigma},$$

где  $E_n$  – нормативный коэффициент эффективности капиталовложений.

Коэффициент эффективности показывает, какую долю дополнительного дохода должен обеспечивать каждый рубль капитальных вложений, чтобы затраты были эффективны. При отсутствии нормативных значений  $E_n$  принимается равным 0,12.

При наличии данных, относящихся к единице продукции, экономическую эффективность стандартизации следует рассчитывать в усложненной форме по следующей зависимости:

$$\mathcal{E} = [(c_1 + E_n k_1) - (c_2 + E_n k_2)]V,$$

где  $c$  – себестоимость единицы продукции или работы;  
 $k$  – удельные капиталовложения (производственные фонды);  
 $V$  – годового выпуск (программа).

Годовой экономический эффект  $\mathcal{E}$  в этом случае вычисляется по формуле

$$\mathcal{E} = (C_1 + E_n K_1) - (C_2 + E_n K_2),$$

где  $C$  – себестоимость годового выпуска;  
 $K$  – производственные фонды.

При отсутствии абсолютных величин себестоимости и производственных фондов расчет экономического эффекта может быть осуществлен на основе данных об изменении этих величин на единицу продукции:

$$\mathcal{E} = (\Delta c \pm E_n \Delta k)V,$$

где  $\Delta c$  – снижение себестоимости единицы продукции или работы;  
 $\Delta k$  – изменение удельных производственных фондов.

Расчет годового экономического эффекта осуществляется по формуле

$$\mathcal{E} = \Delta C \pm E_n \Delta K,$$

где  $\Delta C$  – снижение себестоимости единицы продукции или работы;  
 $\Delta K$  – изменение удельных производственных фондов.

При подсчете экономии в натуральной форме можно пользоваться следующими основными формулами:

1) при снижении расхода материалов (эффект выражается в тоннах, метрах, литрах и других единицах физических величин) используем формулу

$$\mathcal{E} = V (M_{n_1} - M_{n_2});$$

2) при снижении трудоемкости (эффект выражается в количестве высвобожденных работников) пользуемся формулой

$$\mathcal{E} = V (t_1 - t_2) / \Phi;$$

3) при уменьшении длительности производственного цикла (эффект выражается в единицах времени) используем следующую формулу:

$$\Xi = \Pi_1 - \Pi_2,$$

где  $V$  – годовой выпуск продукции;  
 $M_n$  – норма расхода материала на единицу продукции;  
 $t$  – норма времени на операцию;  
 $\Phi$  – годовой фонд времени работы;  
 $\Pi$  – длительность производственного цикла.

В качестве основного относительного показателя для сопоставления эффективности различных вариантов мероприятий по стандартизации (например, различных стандартов) используют величину, обратную коэффициенту экономической эффективности капитальных вложений:

$$E_n = 1 / T_{ок},$$

где  $T_{ок}$  – коэффициент окупаемости;  
 $E_n$  – срок окупаемости капитальных вложений.

Коэффициент окупаемости  $T_{ок}$  представляет собой отношение дополнительных капитальных вложений, требуемых, например, для разработки и внедрения стандарта, к сумме годового снижения себестоимости объекта стандартизации при его внедрении:

$$T_{ок} = (K_1 - K_2) / (C_1 - C_2),$$

где  $K$  – производственные фонды.

Причем, если  $E_n = 1 / T_{ок} \geq E_n = 0,12$ , то срок окупаемости  $T_{ок} \leq 8$  годам. При большем сроке окупаемости внедрение стандарта нерентабельно. Практически срок окупаемости затрат не должен превышать двух лет.

Если стандартизация привела к росту качества продукции путем повышения ее цены, то срок окупаемости данной продукции определяется следующим образом:

$$T_{ок} = (k_1 - k_2) \Pi_1 / (c_1 - c_2) \Pi_2,$$

где  $c$  – оптовая цена единицы продукции.

Годовой хозрасчетный экономический эффект мероприятий по стандартизации, типизации, унификации и агрегатированию  $\Xi_n$  для предприятий следует определять по формуле

$$\Xi_n = (1 - E_n) [V (\Pi_2 - C_1) - V (\Pi_1 - C_2)] - E_n (K_2 - K_1),$$

где  $E_n$  – доля дополнительных прибылей, изымаемых у предприятия;  
 $V$  – годовой выпуск продукции;

Ц – цена единицы продукции;  
С – себестоимость единицы продукции;  
 $E_{\phi}$  – норма оплаты за фонды к стоимости фондов;  
К – производственные фонды.

Анализ большого объема статистических данных показал, что экономический эффект от внедрения стандартизации по основным сферам производства распределяется следующим образом: научно-исследовательские и опытноконструкторские работы – 30–35 %, сфера производства – 15–20 %, сфера эксплуатации – 50 %.

Для расчета экономического эффекта на стадии проектирования учитывают сокращение объема проектных работ, трудоемкости, стоимости и сроков проектирования путем улучшения организации проектно-конструкторских работ, многократного использования стандартной технической документации, применения стандартных методов расчета, сокращения времени на согласование и утверждение вновь выпускаемой документации. Экономия в процессе опытно-конструкторских работ определяется разностью суммарных затрат на проектирование, опытное производство и испытание изделия до и после стандартизации.

Для расчета экономического эффекта на стадии производства учитывают снижение затрат производителя. Для этого определяют уменьшение материалоемкости, снижение трудоемкости процессов, унификацию, снижение удельных затрат электроэнергии и топлива, уменьшение фондоемкости и др.

Для расчета экономического эффекта на стадии обращения и эксплуатации учитывают снижение затрат потребителя. В этом случае определяют снижение затрат на транспортирование и хранение продукции, повышение технического уровня и качества продукции, увеличение срока службы изделий, повышение надежности, снижение стоимости ремонтных работ и др.

Критерием для выбора сравниваемых рядов является минимум затрат на изготовление и эксплуатацию изделия.

Существуют два способа экономического обоснования параметрических и размерных рядов:

- расчеты производятся по себестоимости годовой программы изделий;
- кроме себестоимости учитываются сроки окупаемости затрат и службы изделий, а также эксплуатационные расходы.

Второй способ применяют для обоснования рядов параметров узлов и машин, потребляющих или передающих большое количество энергии (редукторы, станки и их коробки передач, электродвигатели и т. д.).

По первому способу себестоимость однотипных изделий, образующих размерный ряд, можно рассчитать по следующим формулам:

$$c = m + c';$$

$$C = B \cdot c,$$

где  $c$  – себестоимость изделия;

$m$  – стоимость материала одного изделия;

$C$  – себестоимость изделий в объеме годовой программы;

$c'$  – прочие затраты на изготовление изделия;

$B$  – годовая программа.

Прочие затраты можно определять, пользуясь коэффициентом изменения прочих затрат  $K_{из}$ :

$$K_{из} = 1 / K_{ип} z,$$

где  $K_{ип}$  – коэффициент изменения программы ( $K_{ип} = B_n / B, B_n$ );

$z$  – показатель степени ( $z = 0,2; \dots; 0,3$ ), который определяют исходя из программы выпуска, количества потребляемого металла и др.

Соответственно, прочие затраты на единицу изделия при изменении программы  $c'_n$  можно определить, пользуясь величиной прочих затрат  $c'$ , вычисленной для ранее намеченной программы выпуска тех же изделий:

$$c'_n = c' K_{из}.$$

Таким образом, типовыми задачами, связанными с определением эффективности стандартизации, являются следующие:

- расчет годового экономического эффекта от повышения производительности предприятия в результате стандартизации форм организации труда и управления, а также от уменьшения номенклатуры объектов и от стандартизации метода выполнения расчетов;

- обоснование параметрических рядов (целесообразность изготовления деталей с использованием определенного параметрического ряда) и др.

Определение технической и социальной эффективности стандартизации рекомендуется проводить для организационно-методических и общетехнических стандартов.

*Техническая эффективность* работ по стандартизации может выражаться в относительных показателях, например, в росте уровня безопасности, снижении материало- или энергоемкости производства, повышении ресурсов, надежности изделий и т. п.

*Информационная эффективность* работ по стандартизации представляет собой достижение необходимого для общества взаимопонимания, единства восприятия информации, например, стандартов.

*Социальная эффективность* работ по стандартизации выражается в положительном влиянии результатов внедрения стандарта (комплекса стандартов) на уровне жизни и здоровья населения, снижении производственного травматизма, улучшении социально-психологического климата в коллективах и т. п. Социальный эффект, как правило, расчету в денежном выражении не поддается.

### **3.5. Информационное обеспечение работ по стандартизации**

Поиск необходимых стандартов и других нормативных документов по стандартизации, определение требований стандартов к заданным объектам, выявление статуса стандартов в текущий период времени (актуализация) относятся к типовым видам профессиональной деятельности специалиста, занимающегося вопросами техники, технологии, стандартизации, оценки соответствия.

Для осуществления отмеченных видов деятельности необходимо принимать во внимание то, что нормативные документы периодически обновляются, т. е. разрабатываются и утверждаются новые, в действующие документы вносятся изменения, дополнения, поправки, в обоснованных случаях эти документы отменяются. Правила разработки, утверждения, обновления и отмены национальных стандартов установлены в ГОСТ Р 1.2–2014 [75]. Также необходимо знать об информационном обеспечении работ по стандартизации в стране и средствах, используемых для поиска и актуализации нормативных документов.

Рассмотрим некоторые аспекты деятельности, связанной с информационным обеспечением работ по стандартизации, поиском и актуализацией национальных стандартов.

В соответствии со ст. 44 Федерального закона «О техническом регулировании» и постановлением Правительства РФ от 15 августа 2003 г. № 500



в РФ созданы Федеральный информационный фонд технических регламентов и стандартов и Единая информационная система по техническому регулированию. Федеральный информационный фонд технических регламентов и стандартов представляет собой организационно упорядоченную совокупность документов в сфере технического регулирования и является государственным информационным ресурсом. Единая информационная система по техническому регулированию создана с целью обеспечения заинтересованных лиц информацией о документах, входящих в состав Федерального информационного фонда технических регламентов и стандартов, а также о нормативных документах по оценке соответствия и метрологии.

Единая информационная система по техническому регулированию является информационной системой общего пользования и включает в себя массивы документов в виде официальных публикаций (на бумажном носителе и в электронно-цифровой форме), справочно-поисковый аппарат и соответствующие информационные технологии. В нее также входит справочная служба, обеспечивающая выполнение положений Соглашения по техническим барьерам в торговле и Соглашения по применению санитарных и фитосанитарных мер Всемирной торговой организации, касающихся информации о технических регламентах, стандартах и процедурах оценки соответствия. Создание и функционирование Единой информационной системы по техническому регулированию обеспечивается Федеральным агентством по техническому регулированию и метрологии, взаимодействующим при этом с федеральными органами исполнительной власти.

В состав Федерального информационного фонда технических регламентов и стандартов входят следующие документы [76]:

- технические регламенты;
- документы национальной системы стандартизации, в том числе национальные стандарты, своды правил, правила стандартизации, нормы и рекомендации в области стандартизации, применяемые в установленном порядке классификации, общероссийские классификаторы технико-экономической и социальной информации;
- международные стандарты, региональные стандарты и стандарты иностранных государств;
- региональные своды правил и своды правил иностранных государств;
- информация о международных договорах в области стандартизации и подтверждения соответствия и о правилах их применения.

Правительством РФ было утверждено постановление «Об опубликовании национальных стандартов и общероссийских классификаторов технико-экономической и социальной информации» [77].

Официальному опубликованию подлежат следующие тексты:

1) тексты национальных стандартов и общероссийских классификаторов (в печатных изданиях – книгах, брошюрах, сборниках и информационной системе общего пользования, а также на официальном сайте Государственного комитета РФ по стандартизации и метрологии (Росстандарт) в сети Интернет);

2) уведомления об утверждении национальных стандартов, информация о внесении в них изменений, дополнений и поправок, отмене и замене; тексты изменений, дополнений, поправок, а также национальных стандартов, которые могут на добровольной основе применяться для соблюдения требований технических регламентов (ежемесячно в печатном издании Государственным комитетом РФ по стандартизации и метрологии, а также информационном указателе «Национальные стандарты» и на официальном сайте Росстандарта в сети Интернет);

3) перечень действующих национальных стандартов (ежегодно в информационном указателе «Национальные стандарты»).

Таким образом, поиск и актуализацию необходимых стандартов можно осуществлять при помощи информационных указателей «Национальные стандарты» (ежегодном и ежемесячном) и сети Интернет.

Рассмотрим принцип построения ежегодного указателя на примере издания 2013 г. [73]. Ежегодный указатель «Национальные стандарты» составляется по кодам Общероссийского классификатора стандартов (ОКС) – документа, содержащего систематизированный перечень кодов и наименований стандартов, разработанного и утвержденного в установленном порядке и обязательного для применения на различных уровнях использования стандартов.

Сведения в указателе приводятся по состоянию на 1 января текущего года. Как правило, указатель издается в трех томах.

Первый том содержит перечень действующих национальных стандартов.

Во втором томе продолжен перечень действующих национальных стандартов, общесоюзных и общероссийских классификаторов технико-экономической и социальной информации.

В третьем томе опубликованы обозначения национальных стандартов; общесоюзных стандартов; общероссийских классификаторов; межгосударственных стандартов, применение которых уже прекращено на территории РФ.

Обозначения национальных стандартов в первом и втором томах размещены в соответствии с кодами ОКС. Внутри классификационных групп стандарты расположены в соответствии с их категорией в порядке возрастания обозначений в следующей последовательности: межгосударственные стандарты, принятые в качестве национальных стандартов Российской Федерации (ГОСТ), национальные стандарты Российской Федерации (ГОСТ Р), действующие в качестве национальных республиканские стандарты РСФСР и стандарты Совета экономической взаимопомощи.

Межгосударственные стандарты, утратившие силу на территории Российской Федерации, исключены из номерника и систематической части указателя, а их обозначения даны в соответствующем разделе третьего тома, где также указано, какие стандарты действуют взамен утративших силу на территории РФ. Сведения об изменениях, принятых по стандарту, и прочая дополнительная информация приводятся в графе «Для отметок». Например, в скобках указывается номер изменения, номер и год издания ежемесячного информационного указателя стандартов (ИУСа) «Национальные стандарты», в котором оно опубликовано, следующим образом: 5538-78, 71.040.30 (1-1-89).

Для упрощения поиска стандартов по наименованию объекта стандартизации в первом томе помещена тематическая структура, которая адресует искомые понятия непосредственно к страницам первого и второго томов, поэтому все тома имеют сквозную нумерацию страниц.

Официальными ресурсами Росстандарта в сети Интернет являются официальные сайты Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии ([www.gost.ru](http://www.gost.ru)) и Российского научно-технического центра информации по стандартизации, метрологии и оценке соответствия ([www.gostinfo.ru](http://www.gostinfo.ru)) [78, 79].

Для поиска и актуализации стандартов на сайте Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии необходимо использовать раздел «Информационные ресурсы по стандартизации», в котором размещена система поиска стандартов по номеру, ключевым словам или кодам ОКС.

На базе ФГУП «Российский научно-технический центр информации по стандартизации, метрологии и оценке соответствия» создан информационный ресурс, который позволяет ознакомиться с официальной публикацией документов по стандартизации.

В процессе поиска нормативных документов в сети Интернет следует различать официальные ресурсы и другую информацию, очень важно учитывать достоверность найденного источника. При необходимости использования «полезных ресурсов», которые не относятся к официальным, целесообразно проверять статус документов (например, «действующий», «отменен», «введен взамен» и пр.) с помощью Единой информационной системы по техническому регулированию. Следует помнить, что все документы, размещаемые на «полезных ресурсах», не являются их официальным изданием и предназначены исключительно для ознакомительных целей. Электронные копии этих документов могут распространяться без всяких ограничений.

### **3.6. Особенности подтверждения соответствия в современных условиях**

*Подтверждение соответствия* занимает важное место в системе технического регулирования и определяется как документальное удостоверение соответствия продукции (или иных объектов, процессов проектирования (включая изыскания), производства, строительства, монтажа, наладки, эксплуатации, хранения, перевозки, реализации и утилизации, выполнения услуг) требованиям технических регламентов, положениям стандартов, сводам правил или условиям договоров.

Вопросы подтверждения соответствия в РФ регламентируются следующими главами и статьями ФЗ «О техническом регулировании» [46].

*Глава 1* посвящена основным понятиям, в том числе связанным с подтверждением соответствия, и принципам технического регулирования.

*Глава 2* включает в себя цели принятия технических регламентов, их содержание, порядок разработки, принятия, применения, изменения и отмены, а также связь технических регламентов с процедурой подтверждения соответствия.

*Глава 4* содержит цели, принципы подтверждения соответствия, требования к добровольной и обязательной сертификации, декларированию соответствия.

*В главе 5* рассматриваются цели, принципы и порядок аккредитации органов по сертификации и испытательных лабораторий (центров).

*Глава 10* содержит три статьи (ст. 46–48), в соответствии с которыми со дня вступления в силу настоящего Закона признаны утратившими силу некоторые документы, среди которых законы «О стандартизации», «О сертификации продукции и услуг», а также изменения и дополнения к данным законам и законам «О рекламе», «О пожарной безопасности», «Об основах социального обслуживания населения РФ».

В ст. 46 обозначены переходные положения, которые устанавливают следующие требования:

- обязательные для выполнения требования к объектам технического регулирования, установленные нормативными правовыми актами и нормативными документами федеральных органов исполнительной власти;
- отдельные требования к реализации процессов подтверждения соответствия в период до введения технических регламентов.

Реформированием в области технического регулирования обусловлены некоторые изменения в практике подтверждения соответствия. Во-первых, введены технические регламенты как документы, устанавливающие обязательные требования. В качестве определяющих документов при обязательном подтверждении соответствия используются технические регламенты и связанные с ними документы, перечисленные в «Перечне документов в области стандартизации», в результате применения которых на добровольной основе обеспечивается соблюдение требований технического регламента. Во-вторых, смещены приоритеты от обязательной сертификации в сторону декларирования соответствия при обязательном подтверждении соответствия. В-третьих, введен знак обращения на рынке, что отражается на маркировке продукции.

Подтверждение соответствия на территории РФ может носить добровольный или обязательный характер. Добровольное подтверждение соответствия осуществляется в форме добровольной сертификации. Обязательное подтверждение соответствия должно проходить в следующих формах:

- принятие декларации о соответствии (декларирование соответствия);
- обязательная сертификация.

*Сертификация продукции* (далее – сертификация) – процедура подтверждения соответствия, посредством которой независимая от изготовителя (продавца, исполнителя) и потребителя (покупателя) организация удостоверяет в письменной форме, что данная продукция соответствует установленным требованиям.

*Декларирование соответствия* – процедура подтверждения соответствия, посредством которой изготовитель (продавец, исполнитель) удостоверяет соответствие продукции установленным требованиям.

Формы подтверждения соответствия отличаются между собой по целому ряду признаков, из которых следует выделить подтверждаемые требования, объекты, документы, нормирующие подтверждаемые требования. Формы подтверждения соответствия сведены в табл. 3.6.

Таблица 3.6

Формы подтверждения соответствия

Наименование формы	Подтверждаемые требования	Нормативно-правовая база	Объекты, подлежащие подтверждению соответствия
Обязательная сертификация	Требования, обеспечивающие безопасность жизни, здоровья потребителя и охрану окружающей среды, предотвращение причинения вреда имуществу потребителя, а также энергоэффективность	Технические регламенты; документы, включенные в «Перечень документов в области стандартизации, в результате применения которых на добровольной основе обеспечивается соблюдение требований технического регламента»	Продукция, для которой техническим регламентом предусмотрено подтверждение соответствия в форме обязательной сертификации
Декларирование соответствия			Продукция, для которой техническим регламентом предусмотрено подтверждение соответствия в форме принятия декларации о соответствии
Добровольная сертификация	Положения международных и национальных стандартов, стандартов организаций, сводов правил, систем добровольной сертификации, условий договоров	Международные, национальные стандарты, стандарты организаций, своды правил, системы добровольной сертификации, условия договоров	Любые объекты, для которых нормированы требования (продукция, производство, система менеджмента и др.)

Обязательному подтверждению соответствия подлежит продукция, в отношении которой установлены требования, обеспечивающие безопасность жизни, здоровья потребителя и охрану окружающей среды; а также предотвращение причинения вреда имуществу потребителя. Форма подтверждения соответствия указывается в техническом регламенте. В частности, техническим регламентом «О безопасности машин и оборудования» обязательная сертификация предусмотрена для металлорежущих станков, фрез, резцов, инструмента абразивного, редукторов зубчатых общего назначения и др. Декларированию соответствия подлежат крепежные изделия общемашиностроительного применения, инструмент слесарно-монтажный, оснастка технологическая для машиностроения, инструмент абразивный, материалы абразивные, муфты механические для валов и др. [47].

Обязательная и добровольная сертификации осуществляются по одним и тем же правилам, по одной и той же процедуре. Правила и последовательность действий при сертификации установлены в следующих документах: «Порядок проведения сертификации в Российской Федерации», «Правила по проведению сертификации в Российской Федерации», в соответствии с которыми можно определить этапы процедуры сертификации и сопровождающие их документы (табл. 3.7)<sup>1</sup>.

Таблица 3.7

Этапы процедуры сертификации продукции  
и сопровождающие их документы

Название и очередность этапа с указанием исполнителя	Очередность действий участников	Оформляемый документ
1	2	3
1. Подача заявки на проведение сертификации (выполняется заявителем)	1. Определение того, подлежит ли производимая продукция обязательной сертификации 2. Определение системы сертификации; органа по сертификации для осуществления процедуры сертификации; выбор определяющего документа, на соответствие требованиям которого будет проводиться подтверждение соответствия; схемы сертификации 3. Оформление документа	Заявка на проведение сертификации продукции

<sup>1</sup> Примеч. ред.: табл. 3.7 приводится в авторской редакции.

1	2	3
2. Принятие решения по заявке (выполняется органом по сертификации)	1. Определение нормативной базы подтверждения соответствия; перечня доказательных материалов 2. Формирование перечня аккредитованных испытательных лабораторий для проведения испытаний 3. Определение стоимости работ по сертификации 4. Оформление документов	Решение органа по сертификации по заявке на проведение сертификации продукции; договор на проведение сертификации
3. Отбор образцов (выполняется представителями органа по сертификации и (или) испытательной лабораторией)	1. Определение объема выборки 2. Отбор образцов в соответствии с установленным порядком обращения (движения) образцов 3. Регистрация всех этапов движения образцов продукции в ходе работ по сертификации в журнале, заверенная подписью ответственных лиц 4. Оформление документа	Акт отбора образцов
4. Испытания образцов (выполняется в аккредитованной испытательной лаборатории)	1. Выявление действительных характеристик испытываемых образцов продукции 2. Оформление документа	Протокол испытаний
5. Анализ состояния производства (выполняется органом по сертификации)	1. Проведение анализа состояния производства по следующим объектам: нормативная, техническая, технологическая документация, производственный процесс и оборудование, контроль качества, хранение, упаковка и маркировка продукции, метрологическое обеспечение, квалификация персонала 2. Оформление документа	Акт анализа состояния производства
6. Принятие решения о выдаче сертификата (выполняется органом по сертификации)	1. Анализ доказательств соответствия 2. Принятие решения о соответствии продукции требованиям и решения о выдаче сертификата 3. Оформление документа 4. Определение стоимости инспекционного контроля 5. Заключение договора на проведение инспекционного контроля	Сертификат соответствия; решение об отказе в выдаче сертификата соответствия; договор на проведение инспекционного контроля



1	2	3
7. Инспекционный контроль (выполняется органом по сертификации)	1. Анализ информации о сертифицированном объекте 2. Проведение выборочных проверок образцов продукции 3. Принятие решения о соответствии сертифицированного объекта установленным требованиям 4. Назначение корректирующих мероприятий и приостановление действий сертификата при выявлении незначительных несоответствий 5. Оформление документа	Акт инспекционного контроля

Формы документов, оформляемых по окончании этапов сертификации, предусмотрены соответствующими правилами Системы сертификации ГОСТ Р [80] и др.

Непосредственными участниками сертификации являются три стороны:

- заявитель – изготовитель продукции (исполнитель, продавец (при реализации товара покупателю));
- заказчик – продавец (как получатель продукции), покупатель;
- органы по сертификации, испытательные лаборатории (центры), специально уполномоченные федеральные органы исполнительной власти.

Совокупность этапов для каждой конкретной процедуры определяется схемами сертификации продукции [81]. В зависимости от вида продукции при сертификации используются следующие дополнительные доказательства соответствия, в том числе предусмотренные для данной продукции соответствующими федеральными законами и выданные уполномоченными на то органами и организациями:

- сертификат пожарной безопасности;
- сертификаты (декларации о соответствии) поставщиков комплектующих изделий и материалов, тары, упаковки;
- зарубежные сертификаты на продукцию, на системы качества поставщиков;
- гигиенический сертификат;
- экологический сертификат;

- сертификат происхождения;
- протоколы испытаний в зарубежных лабораториях;
- техническая документация изготовителя (конструкторская, технологическая, эксплуатационная и т. п.).

Придание юридической силы сертификату соответствия осуществляется при помощи присвоения ему регистрационного номера в едином Государственном реестре объектов и участников системы сертификации ГОСТ Р (далее – Госреестр). Госреестр представляет собой совокупность информации в электронном виде и фонд документов о системах, объектах и участниках сертификации, зарегистрированных с целью придания им юридической силы.

Следующие документы регламентируют вопросы ведения Госреестра:

- Положение «О Госреестре объектов и участников системы сертификации ГОСТ Р» [82];
- «Правила по сертификации. Временный порядок ведения в Государственном реестре объектов и участников системы сертификации ГОСТ Р» [83].

Первый из указанных документов содержит основные определения, задачи Госреестра, взаимодействие организаций, занятых в формировании и ведении соответствующих разделов. Второй устанавливает порядок регистрации и ведения в Госреестре объектов и участников Системы сертификации ГОСТ Р, перечень объектов регистрации, состав материалов, предоставляемых при прохождении сертификации, а также основные положения информационного обслуживания по данным Госреестра. В приложениях 1 и 2 второго документа соответственно приведена общая структура регистрационных номеров реестра и указан перечень буквенно-цифровых кодов, используемых для определения типа объекта регистрации при формировании регистрационного номера.

Структура регистрационного номера для любого объекта регистрации в Госреестре имеет следующий вид:

РОСС ХХ. ХХХХ. ХХХХХХ

(1) (2) (3) (4)

Первые четыре буквы (РОСС) указывают на принадлежность объекта регистрации к системе ГОСТ Р.

Вторая группа знаков содержит код страны, к которой относится объект регистрации, и обозначается двумя заглавными буквами латинского

алфавита согласно Общероссийскому классификатору стран мира (например, RU – Российская Федерация).

Третья группа из четырех знаков отражает код органа (или его часть), организующего (проводящего) работы с объектом регистрации.

Четвертая группа из шести знаков обозначает код и номер объекта регистрации.

Специфика объектов регистрации отражается в содержании знаков, стоящих на второй, третьей и четвертой позициях регистрационного номера.

В Федеральном законе «О техническом регулировании» установлены правовые основы декларирования как формы подтверждения соответствия [46]. Требования к участникам, процедуре принятия декларации о соответствии, формам заполняемых документов конкретизированы в документе «Порядок принятия декларации о соответствии и ее регистрации» [84].

При декларировании используются схемы, рекомендованные Росстандартом, причем схемы декларирования гармонизированы с европейскими модулями оценки соответствия. Ниже приведем некоторые положения документа «Порядок принятия декларации о соответствии и ее регистрации», касающиеся процедуры декларирования [84].

*Декларация о соответствии* – документ, в котором изготовитель, продавец или исполнитель удостоверяет, что поставляемая продукция или оказываемая услуга (далее – продукция) соответствует требованиям, предусмотренным для обязательной сертификации данной продукции или услуги (далее – установленным требованиям).

Декларацию о соответствии вправе принимать российские изготовители (продавцы, исполнители) или зарегистрированные в качестве юридических лиц в РФ организации, представляющие интересы соответствующих иностранных изготовителей (продавцов, исполнителей). Изготовитель (продавец, исполнитель) принимает декларацию о соответствии на основании документов, подтверждающих соответствие продукции установленным требованиям.

В качестве документов, являющихся основанием для принятия изготовителем (продавцом, исполнителем) декларации о соответствии, могут использоваться следующие:

- протоколы приемочных, приемо-сдаточных и других контрольных испытаний продукции, проведенных изготовителем (продавцом, исполнителем) и (или) сторонними компетентными испытательными лабораториями;

- сертификаты соответствия или протоколы испытаний на сырье, материалы, комплектующие изделия;

- документы, предусмотренные для данной продукции соответствующими федеральными законами и выданные уполномоченными на то органами и организациями (например, гигиенические заключения, ветеринарные свидетельства, сертификаты пожарной безопасности и др.);

- сертификаты на систему качества или производства;

- другие документы, прямо или косвенно подтверждающие соответствие продукции установленным требованиям.

Декларация о соответствии может приниматься в отношении конкретной продукции или группы однородной продукции, на которую установлены единые требования, подлежащие подтверждению на срок, установленный изготовителем (продавцом, исполнителем) продукции исходя из планируемого срока выпуска данной продукции, оказания конкретных услуг или срока реализации партии продукции. Принятая изготовителем (продавцом, исполнителем) декларация о соответствии подлежит регистрации в органе по сертификации, аккредитованном в установленном порядке.

К направляемой на регистрацию декларации о соответствии должны быть приложены заявление о регистрации, а также копии документов, предусмотренных для данной продукции соответствующими федеральными законами и выданных уполномоченными на то органами и организациями. Декларация о соответствии с необходимыми документами может быть направлена на регистрацию только в один орган по сертификации по выбору изготовителя (продавца, исполнителя).

Орган по сертификации обязан в течение семи дней произвести проверку:

- правильности выбора декларирования как формы подтверждения соответствия;

- правомочности изготовителя (продавца, исполнителя) принимать декларацию о соответствии;

- полноты и правильности указания нормативных документов, предусмотренных для подтверждения соответствия данной продукции;

- наличия копий всех документов, предусмотренных для данной продукции федеральными законами и выданных уполномоченными на то органами и организациями;

- правильности заполнения декларации о соответствии.

По результатам проверки орган по сертификации регистрирует декларацию о соответствии либо информирует изготовителя (продавца, исполнителя) о необходимости устранения выявленных несоответствий установленным требованиям.

Регистрация осуществляется путем присвоения декларации о соответствии регистрационного номера, содержащего идентификационное обозначение (код) органа по сертификации и порядковый номер декларации о соответствии по реестру сертифицирующего органа. В декларации о соответствии орган по сертификации указывает сведения о ее регистрации (наименование и адрес органа по сертификации, дату регистрации и регистрационный номер декларации, печать органа по сертификации и подпись его руководителя).

Декларация о соответствии, принятая в установленном порядке и зарегистрированная органом по сертификации, имеет юридическую силу наравне с сертификатом соответствия и является основанием для маркирования изготовителем (продавцом, исполнителем) продукции знаком обращения на рынке в установленном порядке. Контроль за продукцией, соответствие которой подтверждено декларацией о соответствии, осуществляется федеральными органами исполнительной власти (их территориальными органами) в рамках государственного контроля и надзора за качеством и безопасностью продукции.

В случае ликвидации, реорганизации юридического лица или утраты силы регистрации индивидуального предпринимателя зарегистрированная в установленном порядке декларация о соответствии действительна для ранее выпущенной продукции при ее поставке, продаже в течение срока ее годности (службы), установленного в соответствии с законодательством РФ для предъявления требований по поводу недостатков продукции.

Документы, регламентирующие процессы подтверждения соответствия периодически подвергаются изменениям, поэтому важно различать исходную версию документа и документ в действующей редакции.

### ***Вопросы и задания для самоконтроля***

1. Какие стандарты относятся к национальным стандартам РФ?
2. В чем состоит сущность стандартизации как области научного знания?
3. Что подразумевают под систематизацией объектов стандартизации?

4. Какова последовательность деятельности по унификации продукции в машиностроении?
5. Назовите отличительные признаки комплексной стандартизации.
6. Каковы правила обозначения стандарта, входящего в систему (комплекс) стандартов?
7. Назовите системы стандартов, которые устанавливают требования к документации.
8. Каковы цели определения эффективности работ по стандартизации?
9. По какой формуле можно определить годовой экономический эффект от внедрения стандарта на продукцию?
10. Какие источники необходимо использовать для поиска и актуализации национальных стандартов РФ?

## Глава 4. ТОЧНОСТЬ ИЗМЕРЕНИЙ И КАЧЕСТВО МАШИНОСТРОИТЕЛЬНОЙ ПРОДУКЦИИ

Изготовить детали абсолютно одинаковыми невозможно, поэтому колебания размеров и иных параметров деталей характеризуют точность изготовления детали. Границы колебаний размеров устанавливаются допусками (предельными отклонениями), которые определяются погрешностями изготовления по следующим параметрам продукции:

- размер;
- форма поверхности;
- взаимное расположение поверхностей;
- волнистость и шероховатость поверхностей.

Указанные погрешности возникают из-за низкой точности обработки на металлорежущих станках, разброса значений размеров и форм заготовок, нарушения заданных параметров приспособлений и режущего инструмента вследствие износа, неточности измерений и ряда других случайных факторов.

Всего этого удастся избежать, если детали и изделия будут взаимозаменяемыми, если их размеры, форма и отклонения в расположении поверхностей, свойства материалов и другие характеристики будут находиться в заданных пределах, т. е. в пределах допусков.

Для определения взаимозаменяемости необходимо ввести следующие понятия. *Взаимозаменяемостью* называется принцип конструирования, производства и эксплуатации деталей, узлов, агрегатов машин, обеспечивающий их установку в процессе сборки или ремонта без предварительной подгонки при сохранении всех требований, предъявляемых к работе изделия в целом. Взаимозаменяемость является основным свойством совокупности изделий, определяющим качество продукции, и характеризуется наличием отношений между элементами изделий с учетом их общности и специфичности, а также внешним и внутренним проявлениями [81].

Наиболее широко применяют на производстве *полную взаимозаменяемость*, которая обеспечивает возможность беспригоночной сборки (или замены при ремонте) любых независимо изготовленных однотипных деталей в сборочные единицы.

Иногда для удовлетворения эксплуатационных требований необходимо изготавливать детали и сборочные единицы с малыми экономически неприемлемыми или технологически трудновыполнимыми допусками. В этих случаях для получения требуемой точности сборки применяют групповой подбор деталей (селективную сборку), компенсаторы, регулирование положения некоторых частей машин и приборов, пригонку и другие дополнительные технологические мероприятия при обязательном выполнении требований к качеству сборочных единиц и изделий. Такую *взаимозаменяемость* называют *неполной (ограниченной)*. Ее можно осуществлять не по всем, а только по отдельным геометрическим или другим параметрам.

*Внешняя взаимозаменяемость* – это взаимозаменяемость покупных и кооперируемых изделий (монтируемых в другие более сложные изделия) и сборочных единиц по эксплуатационным показателям, а также по размерам и форме присоединительных поверхностей. Например, в электродвигателях внешнюю взаимозаменяемость обеспечивают, опираясь на частоту вращения вала и мощность, а также на размеры присоединительных поверхностей; в подшипниках качения – на наружный диаметр наружного кольца и внутренний диаметр внутреннего кольца.

*Внутренняя взаимозаменяемость* распространяется на детали, сборочные единицы и механизмы, входящие в изделие. Например, в подшипнике качения внутреннюю групповую взаимозаменяемость имеют тела качения и кольца.

*Уровень взаимозаменяемости производства* можно характеризовать коэффициентом взаимозаменяемости  $K_v$ , равным отношению трудоемкости изготовления взаимозаменяемых деталей и сборочных единиц к общей трудоемкости изготовления изделия. Значение этого коэффициента может быть различным, однако степень его приближения к единице является объективным показателем технического уровня производства.

Взаимозаменяемость машин и изделий по оптимальным эксплуатационным показателям называется *функциональной*. Функциональными являются геометрические, электрические и другие параметры, влияющие на эксплуатационные качества машин. Параметры определяют техническую характеристику изделия или процесса преимущественно с точки зрения производительности, основных размеров, конструкции. *Параметр* – это независимая или взаимосвязанная величина, характеризующая какое-либо изделие или явление (процесс) в целом или их отдельные свойства.



Для обеспечения функциональной взаимозаменяемости устанавливаются связи (зависимости) эксплуатационных показателей изделия и функциональных параметров. Затем, используя полученные значения, находят допустимые изменения (требуемую точность) параметров, исходя из возможных изменений эксплуатационных показателей в течение определенного времени работы машины. Размеры, непосредственно или косвенно влияющие на эксплуатационные показатели машины или служебные функции узлов и деталей, называются функциональными. Они могут быть как у сопрягаемых (например, у вала и отверстия), так и у несопрягаемых поверхностей (например, размер пера лопатки турбины, размеры каналов жиклеров карбюраторов и т. п.).

Обеспечение взаимозаменяемости не требует изготовления деталей с наивысшей точностью. Точность должна быть оптимальной с учетом требований производства и эксплуатации. Повышение точности изготовления деталей оказывает влияние на трудоемкость изготовления, удорожает технологию производства, снижает производительность труда и часто требует применения специального оборудования.

#### 4.1. Основы нормирования параметров точности

Конструктивно любая деталь состоит из элементов (поверхностей) различной геометрической формы, часть из которых взаимодействует (образует посадки-сопряжения) с поверхностями других деталей, а остальная часть элементов является свободной (несопрягаемой) (рис. 4.1).

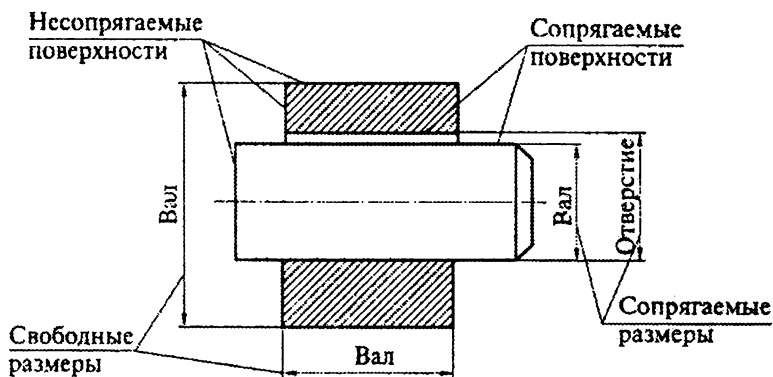


Рис. 4.1. Сопряжение вала и отверстия

В терминологии по допускам и посадкам для обозначения все элементы деталей независимо от их формы условно делят на две группы: «вал» – термин, условно применяемый для обозначения наружных (охватываемых) элементов деталей, включая и нецилиндрические элементы, и соответственно сопрягаемых размеров; «отверстие» – термин, условно применяемый для обозначения внутренних (охватывающих) элементов деталей, включая нецилиндрические элементы, и соответственно сопрягаемых размеров [85].

Для сопрягаемых элементов деталей на основе анализа рабочих и сборочных чертежей, а при необходимости и образцов изделий, устанавливаются охватывающие и охватываемые поверхности сопряженных деталей и, таким образом, принадлежность поверхностей сопряжений к группам «вал» и «отверстие».

Для несопрягаемых элементов деталей установление их принадлежности к одной из двух названных групп выполняется с помощью технологического принципа. Данный принцип заключается в следующем: если при обработке размер элемента увеличивается по сравнению с базовой поверхностью, то элемент является отверстием, а если размер элемента уменьшается, то он является валом.

При конструировании определяются линейные и угловые размеры детали, характеризующие ее величину и форму. Они назначаются на основе результатов расчета деталей на прочность и выносливость, а также исходя из обеспечения технологичности конструкции и других показателей в соответствии с функциональным назначением детали. На чертеже должны быть проставлены все размеры, необходимые для изготовления детали и ее контроля. Основные положения, термины и определения, относящиеся к допускам и посадкам даны в ГОСТ 25346–89 [86].

*Размер* – это числовое значение линейной величины (диаметра, длины и т. д.) в выбранных единицах измерения. Различают размеры номинальные, действительные и предельные.

*Номинальный размер  $D$*  – размер, относительно которого определяются предельные размеры, и который служит началом отсчета отклонений. Он определяется расчетом на прочность с последующим округлением в большую сторону по ГОСТ 8032–89 [87].

*Действительный размер* – размер детали, установленный измерением с допускаемой погрешностью. Отверстия обозначаются  $D1, D2, \dots$ , валы –  $d1, d2$ .

*Предельные размеры (наибольший и наименьший)* – два предельно допустимых размера, между которыми должен находиться или которым может быть равен действительный размер годной детали. Соответственно предельные размеры обозначаются следующим образом:  $D_{\max}$ ,  $D_{\min}$  – для отверстия;  $d_{\max}$ ,  $d_{\min}$  – для вала.

*Предельные отклонения (верхнее и нижнее)* – алгебраическая разность между наибольшим или наименьшим предельным и номинальным размерами.

Отклонение является положительным, если предельный размер больше номинального, и отрицательным, если предельный размер меньше номинального.

Для отверстия верхнее отклонение  $ES$  и нижнее  $EI$  определяются по следующим формулам:

$$ES = D_{\max} - D;$$

$$EI = D_{\min} - D.$$

Для вала верхнее отклонение  $es$  и нижнее  $ei$  вычисляются по формулам

$$es = d_{\max} - D;$$

$$ei = d_{\min} - D.$$

Предельные отклонения размеров, в соответствии с ГОСТ 2.307–2011 [88], обозначают непосредственно после номинального размера. При записи предельных отклонений числовыми значениями верхнее отклонение помещают выше линии высоты шрифта номинального размера, а нижнее – ниже (например:  $42^{+0,03}_{-0,013}$ ;  $42^{-0,013}_{-0,024}$ ;  $42^{+0,011}$ ). Предельные отклонения, равные нулю, не указывают.

*Допуск* – разность между наибольшим и наименьшим предельными размерами, или абсолютная величина алгебраической разности между верхними и нижними отклонениями. Допуск обозначается буквой  $T$ , которая ставится перед обозначением размера параметра, например:

$$TD = D_{\max} - D_{\min} \text{ или } TD = ES - EI;$$

$$Td = d_{\max} - d_{\min} \text{ или } Td = es - ei,$$

где  $TD$  – допуск размера отверстия;

$Td$  – допуск размера вала.

Допуск всегда положителен и определяет точность изготовления детали. Приведем пример подсчета допуска для вала  $\varnothing 15_{-0,034}^{-0,16}$ . Первоначально вычислим предельные размеры вала:

$$d_{\max} = D + es = 15 + (-0,016) = 14,984 \text{ мм};$$

$$d_{\min} = D + ei = 15 + (-0,034) = 14,966 \text{ мм}.$$

Используя полученные значения, можно определить допуск вала:

$$Td = d_{\max} - d_{\min} = 14,984 - 14,966 = 0,018 \text{ мм}.$$

$$Td = es - ei = (-0,016) - (-0,034) = -0,016 + 0,034 = 0,018 \text{ мм}.$$

*Основной вал* – вал, верхнее отклонение которого равно нулю, т. е.  $es = 0$ .

*Основное отверстие* – отверстие, нижнее отклонение которого равно нулю, т. е.  $EI = 0$ .

*Поле допуска* – поле, ограниченное верхним и нижним отклонениями. Оно заключается между двумя линиями, соответствующими верхнему и нижнему отклонениям в заданном масштабе. Поле допуска определяется величиной допуска и его положением относительно нулевой линии. Нулевая линия соответствует номинальному размеру, от которого откладываются отклонения размеров при их графическом изображении. Если нулевая линия расположена горизонтально, то положительные отклонения откладываются вверх от нулевой линии, а отрицательные – вниз (рис. 4.2).

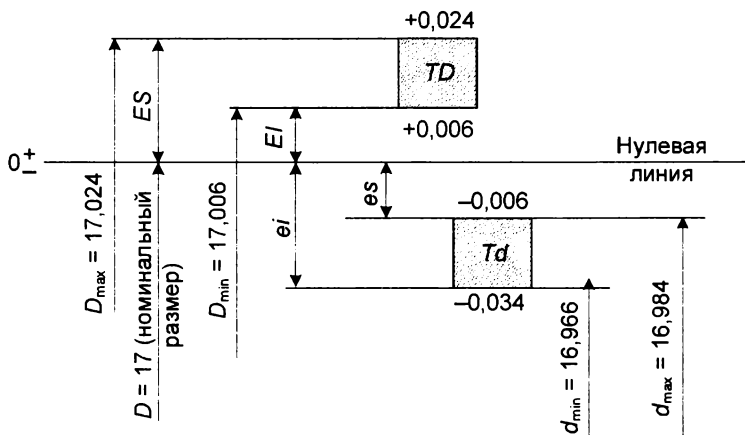


Рис. 4.2. Графическое изображение полей допусков отверстия  $\varnothing 17_{+0,006}^{+0,024}$  и вала  $\varnothing 17_{+0,034}^{-0,016}$

В соединении деталей, входящих одна в другую, есть *охватывающие* и *охватываемые* поверхности. Разность между охватывающим и охватываемым размерами определяет характер соединения, или посадку, т. е. бóльшую или мéньшую свободу относительного перемещения или прочность их неподвижного соединения.

*Посадкой* называют характер соединения деталей, определяемый величиной получающихся в нем зазоров или натягов. Посадка характеризует свободу относительного перемещения соединяемых деталей или степень сопротивления их взаимному смещению.

В зависимости от взаимного расположения полей допусков отверстия и вала посадка может быть с зазором, с натягом или переходная (рис. 4.3).

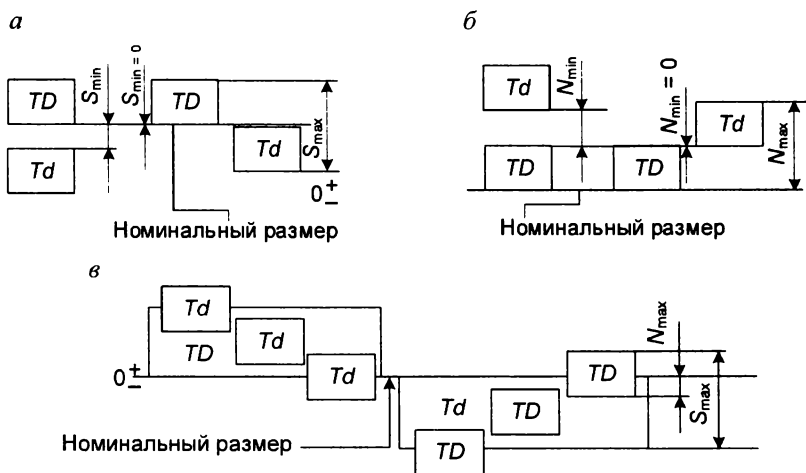


Рис. 4.3. Типы посадок:

*а* – посадка с зазором; *б* – посадка с натягом; *в* – посадка переходная

*Посадка с зазором* – посадка, при которой гарантируется зазор в соединении (поле допуска отверстия расположено выше поля допуска вала или нижняя граница поля допуска отверстия совпадает с верхней границей поля допуска). Посадка с зазором рекомендуется для подвижных соединений.

Посадки с зазором характеризуются (отличаются одна от другой) значением наибольшего  $S_{\max}$  и наименьшего  $S_{\min}$  зазоров, которые определяются следующим образом:

$$S_{\max} = D_{\max} - d_{\min} = ES - ei;$$

$$S_{\min} = D_{\min} - d_{\max} = EI - es.$$

Например, для вала с размером  $\varnothing 20_{-0,3}^{-0,1}$  будут соответствовать следующие значения:

- номинальный размер вала  $d_H = 20,0$  мм;
- верхнее отклонение вала  $es = -0,1$  мм;
- нижнее отклонение вала  $ei = -0,3$  мм;
- наибольший предельный диаметр вала  $d_{\max} = d_H + es = 20,0 - 0,1 = 19,9$  мм;
- наименьший предельный диаметр вала  $d_{\min} = d_H + ei = 20,0 - 0,3 = 19,7$  мм;
- допуск размера вала  $Td = d_{\max} - d_{\min} = 19,9 - 19,7 = 0,2$  мм, или  $Td = es - ei = 0,1 - (-0,3) = 0,2$  мм;

для отверстия с размером  $\varnothing 20_{+0,4}^{+0,6}$  будут соответствовать следующие значения:

- номинальный размер отверстия  $D_H = 20,0$  мм;
- верхнее отклонение отверстия  $ES = +0,6$  мм;
- нижнее отклонение отверстия  $EI = +0,4$  мм;
- наибольший предельный диаметр отверстия  $D_{\max} = D_H + ES = 20,0 + 0,6 = 20,6$  мм;
- наименьший предельный диаметр отверстия  $D_{\min} = D_H + EI = 20,0 + 0,4 = 20,4$  мм;
- допуск размера отверстия  $TD = D_{\max} - D_{\min} = 20,6 - 20,4 = 0,2$  мм; или  $TD = ES - EI = 0,6 - 0,4 = 0,2$  мм.

Наибольший зазор между отверстием и валом в таком случае составит

$$S_{\max} = D_{\max} - d_{\min} = 20,6 - 19,7 = 0,9 \text{ мм,}$$
$$\text{или } S_{\max} = ES - ei = 0,6 - (-0,3) = 0,9 \text{ мм.}$$

Наименьший зазор между отверстием и валом составит

$$S_{\min} = D_{\min} - d_{\max} = 20,4 - 19,9 = 0,5 \text{ мм,}$$
$$\text{или } S_{\min} = EI - es = 0,4 - (-0,1) = 0,5 \text{ мм.}$$

Посадки с зазором широко применяются в подшипниках скольжения (наружная и внутренняя втулки подшипника скольжения имеют между собой зазор для прохождения смазки во время работы подшипника).

*Посадка с натягом* – посадка, при которой гарантируется натяг в соединении (поле допуска отверстия расположено ниже поля допуска вала или верхняя граница поля допуска отверстия совпадает с нижней границей поля допуска вала).

Посадки с натягом назначаются для неразъемных соединений, и они характеризуются (отличаются одна от другой) значением наименьшего  $N_{\min}$  и наибольшего натяга  $N_{\max}$ , которые можно определить по следующим формулам:

$$N_{\max} = d_{\max} - D_{\min} = es - EI;$$

$$N_{\min} = d_{\min} - D_{\max} = ei - ES.$$

Например, для вала с размером  $\varnothing 60$  будут характерны следующие значения:

- номинальный размер вала  $d_H = 60,0$  мм;
- верхнее отклонение вала  $es = +0,133$  мм;
- нижнее отклонение вала  $ei = +0,087$  мм;
- наибольший предельный диаметр вала  $d_{\max} = d_H + es = 60,0 + 0,133 = 60,133$  мм;
- наименьший предельный диаметр вала  $d_{\min} = d_H + ei = 60,0 + 0,087 = 60,087$  мм;
- допуск размера вала  $Td = d_{\max} - d_{\min} = 60,133 - 60,087 = 0,046$  мм, или  $Td = es - ei = 0,133 - 0,087 = 0,046$  мм;

для отверстия с размером  $\varnothing 60_{+0,087}^{+0,133}$  будут характерны следующие значения:

- номинальный размер отверстия  $D_H = 60,0$  мм;
- верхнее отклонение отверстия  $ES = +0,046$  мм;
- нижнее отклонение отверстия  $EI = 0$  мм;
- наибольший предельный диаметр вала  $D_{\max} = D_H + ES = 60,0 + 0,046 = 60,046$  мм;
- наименьший предельный диаметр вала  $D_{\min} = D_H + EI = 60,0 + 0 = 60,0$  мм;
- допуск размера отверстия  $TD = D_{\max} - D_{\min} = 60,046 - 60,0 = 0,046$  мм; или  $TD = ES - EI = 0,046 - 0 = 0,046$  мм.

Наибольший натяг между отверстием и валом будет составлять

$$N_{\max} = d_{\max} - D_{\min} = 60,133 - 60,0 = 0,133 \text{ мм},$$

$$\text{или } N_{\max} = es - EI = 0,133 - 0 = 0,133 \text{ мм}.$$

Наименьший натяг между отверстием и валом при этом будет следующим:

$$N_{\min} = D_{\min} - d_{\max} = 60,087 - 60,046 = 0,041 \text{ мм},$$

$$\text{или } S_{\min} = ei - ES = 0,087 - 0,046 = 0,041 \text{ мм}.$$

Посадки с натягом широко применяются в сборке вагонных колес, когда бандаж (кольцо фасонного профиля из износостойкого материала) надевается в горячем состоянии на ступицу колеса вагона.

*Переходная посадка* – посадка, при которой в соединении могут получиться как натяг, так и зазор (поля допусков отверстия и вала частично или полностью перекрываются). Натяг образуется при наибольшем предельном размере вала и наименьшем предельном размере отверстия, а в случае наибольшего предельного размера отверстия и наименьшего предельного размера вала будет образован зазор.

Переходные посадки назначаются для неподвижных соединений, подвергающихся периодической разборке. При графическом изображении (см. рис. 4.2) поля допусков отверстия и вала перекрываются частично или полностью. Таким образом, до изготовления нельзя заранее сказать, какой размер годного элемента детали будет больше – у отверстия или у вала. Зазор или натяг в этой посадке зависит от вероятности распределения размеров в поле допуска.

Переходные посадки характеризуются (отличаются друг от друга) наибольшим натягом или наибольшим зазором и рассматриваются по следующим формулам:

$$N_{\max} = d_{\max} - D_{\min} = es - EI;$$

$$S_{\max} = D_{\max} - d_{\min} = ES - ei.$$

Если при изготовлении окажется, что размер отверстия соответствует наибольшему предельному размеру, а размер вала – наименьшему, то получится максимальный зазор в этом сопряжении. При размере вала, поле изготовления которого соответствует наибольшему предельно допустимому размеру, а отверстие – наименьшему предельно допустимому, будет иметь место наибольший натяг.

Например, для вала с размером  $\varnothing 60_{+0,002}^{+0,21}$  будут характерны следующие значения:

- номинальный размер вала  $d_H = 60,0$  мм;
- верхнее отклонение вала  $es = +0,021$  мм;
- нижнее отклонение вала  $ei = +0,002$  мм;
- наибольший предельный диаметр вала  $d_{\max} = d_H + es = 60,0 + 0,021 = 60,021$  мм;
- наименьший предельный диаметр вала  $d_{\min} = d_H + ei = 60,0 + 0,002 = 60,002$  мм;



• допуск размера вала  $Td = d_{\max} - d_{\min} = 60,021 - 60,002 = 0,019$  мм;  
или  $Td = es - ei = 0,021 - 0,002 = 0,019$  мм.

При этом для отверстия с размером  $\varnothing 60^{+0,03}$  будут присущи следующие значения:

- номинальный размер отверстия  $D_H = 60,0$  мм;
- верхнее отклонение отверстия  $ES = +0,03$  мм;
- нижнее отклонение отверстия  $EI = 0$  мм;
- наибольший предельный диаметр вала  $D_{\max} = D_H + ES = 60,0 + 0,030 = 60,03$  мм;
- наименьший предельный диаметр вала  $D_{\min} = D_H + EI = 60,0 + 0 = 60,0$  мм;
- допуск размера отверстия  $TD = D_{\max} - D_{\min} = 60,03 - 60,0 = 0,03$  мм,  
или  $TD = ES - EI = 0,03 - 0 = 0,03$  мм.

Наибольший натяг между отверстием и валом в таком случае составит

$$N_{\max} = d_{\max} - D_{\min} = 60,021 - 60,0 = 0,021 \text{ мм,}$$

$$\text{или } N_{\max} = es - EI = 0,021 - 0 = 0,021 \text{ мм.}$$

Наибольший зазор между отверстием и валом при этом будет

$$S_{\max} = D_{\max} - d_{\min} = 60,03 - 60,002 = 0,028 \text{ мм,}$$

$$\text{или } S_{\max} = ES - ei = 0,03 - 0,002 = 0,028 \text{ мм.}$$

Переходные посадки используются в случаях, когда необходимо проводить разборку и сборку при эксплуатации и выполнении ремонтных работ (соединении зубчатых колес с валами, при установке полумуфт на валах электродвигателей, штифтов, подшипников и т. д.). Обычно переходная посадка требует дополнительного закрепления сопрягаемых деталей, поскольку эти детали имеют небольшие предельные зазоры и натяги.

Таким образом, посадки всех трех групп с различными зазорами и натягами можно получить, меняя взаимное положение полей допусков отверстия и вала.

Необходимо особо сказать о допуске посадки, который определяется по формулам

$$TS = S_{\max} - S_{\min}; TN = N_{\max} - N_{\min},$$

где  $TS$  – допуск зазора;

$TN$  – допуск натяга.

*Допуск посадки* – разность между наибольшим и наименьшим допустимыми зазорами (допуск зазора в посадках с зазором) или наибольшим и наименьшим допустимыми натягами (допуск натяга в посадках с натягом).

## 4.2. Единая система допусков и посадок для деталей с гладкой поверхностью

Предельные отклонения отверстий и валов, определяющие допуски и посадки, устанавливаются стандартами, которые разработаны на основе опыта работы, теоретических и экспериментальных исследований. Совокупность допусков и посадок, оформленных в виде таблиц стандартов, называется *системой допусков и посадок (СДП)*.

СДП предназначена для того, чтобы при конструировании можно было выбрать минимально необходимые, но достаточные для практики варианты допусков и посадок типовых соединений. Это упрощает конструирование и обеспечивает взаимозаменяемость. СДП делает возможной стандартизацию размерных режущих и измерительных инструментов (сверл, зенкеров, калибров и др.). С 1977 г. в России существует единая система допусков и посадок (ЕСДП), которая построена на основе международной системы допусков и посадок ИСО. Все системы допусков и посадок (ИСО, ЕСДП) основаны на единых принципах.

Существует семь принципов посадок. Рассмотрим эти принципы более подробно.

*Принцип 1.* Способы образования посадок (система отверстия и система вала).

Одну и ту же посадку с определенными зазорами или натягами можно получить, меняя положения полей допусков отверстия и вала относительно нулевой линии, но сохраняя постоянным положение этих полей относительно друг друга (рис. 4.4). Тогда при постоянном номинальном размере предельные размеры отверстия и вала будут меняться. Такая «свобода» выбора оказывается не только неудобной, но и экономически очень не выгодной. Если при конструировании будут назначены любые поля допусков, то таких полей допусков может оказаться бесчисленное множество, что потребует такого же количества обрабатывающего инструмента для изготовления отверстий (сверла, зенкеры, развертки).

Сущность систем «система отверстия» и «система вала» заключается в том, что при образовании всех трех видов посадок, описанных в предыдущей главе, вводится ограничение на расположение допуска одного из участвующих в сопряжении элементов. Другими словами, принимается постоянное положение одного из полей допусков (отверстия или вала), причем один из предель-

ных размеров (отверстия или вала) будет совпадать с номинальным размером. Такие отверстия и валы получили название *основные*, причем основное отверстие – это отверстие, нижнее отклонение которого равно нулю, а основной вал – вал, верхнее отклонение которого равно нулю. В результате, у основного отверстия с номинальным размером совпадает наименьший предельный размер, а у основного вала с номинальным размером – наибольший предельный размер.



Рис. 4.4. Варианты размещения относительно нулевой линии полей допусков отверстия и вала для посадки с одинаковыми зазорами

В машиностроении преимущественно используется система отверстия, являющаяся предпочтительной. Это обусловлено тем, что изготовить и измерить вал значительно проще и дешевле, чем отверстие. Валы разного диаметра можно обрабатывать одним и тем же резцом или шлифовальным кругом, а измерять универсальным инструментом.

Для изготовления отверстий разного диаметра требуется иметь набор сверл, разверток и зенкеров. Контроль точных отверстий производится калибрами-пробками. Для измерения отверстия каждого диаметра требуется свой калибр. Таким образом, номенклатура режущего и измерительного инструмента, применяемого при изготовлении отверстий, гораздо шире.

Применение системы отверстия значительно сокращает эту номенклатуру, так как формирование различных посадок в этой системе производится измерением диаметра вала, а диаметр отверстия при этом остается постоянным. Систему вала стандарт рекомендует применять в следующих случаях:

- в конструкциях машин и механизмов, когда детали могут быть изготовлены из пруткового калиброванного материала без механической обработки резанием посадочных мест (гладкие оси, штифты);

- в конструкциях узлов, когда на одном номинальном размере вала необходимо осуществить несколько разных посадок (шарнирное соединение вилки с тягой);

- в случае применения стандартных деталей и узлов, выполненных в системе вала (в сопряжениях наружных колец подшипников качения с отверстием в корпусе машин);

- если вал имеет сложную конфигурацию, а подшипники – форму вкладышей из антифрикционных сплавов (коленвал двигателя внутреннего сгорания или компрессора).

*Принцип 2.* Расположение полей допусков основных деталей относительно нулевой линии.

Существует два способа формирования посадок в системе отверстия и в системе вала. В системе отверстия посадки формируются изменением положения поля допуска вала относительно поля допуска основного отверстия.

Существует одностороннее и симметричное расположение допусков.

В системе вала посадки формируются изменением положения поля допуска отверстия относительно поля допуска основного вала.

ЕСДП является односторонней предельной системой. В этой системе поля допусков основных деталей располагаются по одну сторону от нулевой линии, которая служит верхней границей допуска основного вала и нижней границей допуска основного отверстия.

Одностороннее расположение полей допусков основных деталей имеет следующие преимущества перед симметричным:

- взаимозаменяемость деталей, изготовленных с разной точностью, лучше обеспечивается при односторонней системе, чем при симметричной (рис. 4.5);

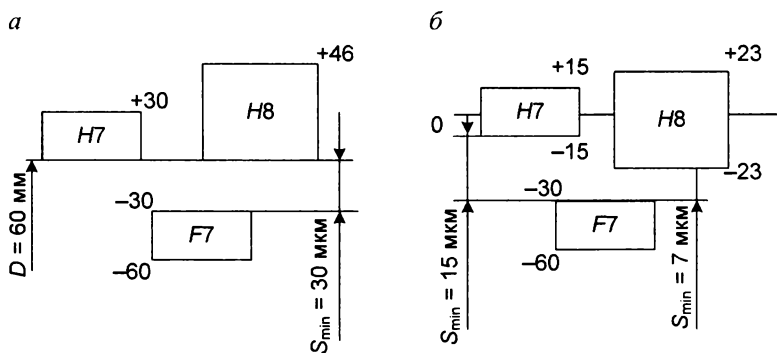


Рис. 4.5. Расположение полей допусков:

*a* – при односторонней системе; *б* – при симметричной системе

- при односторонней системе замена отверстия на более грубый класс не изменит величины наименьшего зазора в посадке.

При симметричном расположении полей допусков относительно нулевой линии при замене отверстия на более грубый класс точности происходит уменьшение наименьшего зазора от  $S_{\min} = 15$  мкм до  $S_{\min} = 7$  мкм.

При одностороннем расположении полей допусков основных деталей система посадок получается более наглядной. Например, в системе отверстия по верхнему отклонению вала можно судить о том, под какую посадку он изготовлен (под посадку с зазором или с натягом) (рис. 4.6).

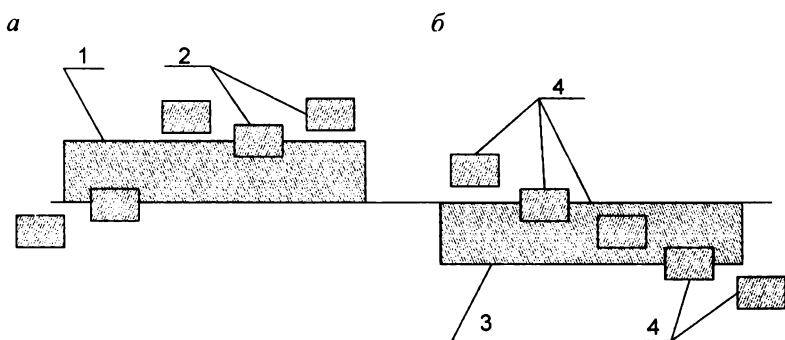


Рис. 4.6. Поля допусков:

*a* – в системе отверстия; *б* – в системе вала;

1, 4 – поле допуска отверстия; 2, 3 – поле допуска вала

### Принцип 3. Единицы допуска.

Производственный опыт показывает, что при прочих равных условиях с увеличением диаметра усложняется достижение заданной точности изготовления изделия, т. е. погрешность обработки возрастает с увеличением номинального размера детали. Величину, выражающую зависимость зоны рассеивания размеров от размера диаметра, называют *единицей допуска*, которая обозначается буквой *i*.

В системе ЕСДП для диапазона размеров свыше 1 и до 500 мм единица допуска определяется по следующей зависимости:

$$i = 0,45\sqrt[3]{D_m} + 0,001D_m,$$

где  $D_m = \sqrt{D_{\min} \cdot D_{\max}}$  – среднее геометрическое крайних размеров каждого интервала, мм.

Для размеров свыше 500 мм и до 10000 мм единица допуска определяется по зависимости

$$i = 0,04 \cdot D_m + 2,1.$$

Единица допуска является мерой точности, характеризует влияние технологических, конструкторских и метрологических факторов.

*Принцип 4.* Интервалы номинальных размеров (градация размеров).

Номинальные размеры деталей выбираются не произвольно, а из ряда предпочтительных чисел. Если для формирования той или иной посадки задавать предельные отклонения для каждого номинального размера из ряда предпочтительных чисел, то такая система будет громоздкой. Кроме того, для соседних значений из ряда этих размеров отклонения будут иметь практически одинаковые значения. Однако нельзя установить одинаковые предельные отклонения для всего диапазона номинальных размеров без нарушения требований к эксплуатационным свойствам соединений.

В частности, при зазоре 1 мм в соединении с номинальным размером 1 мм посадка будет иметь совершенно иные свойства, чем при таком же зазоре в соединении с номинальным размером 1 м. Поэтому эксплуатационные свойства соединения можно обеспечить, задавая одинаковые предельные отклонения для определенного диапазона номинальных размеров. В связи с этим весь диапазон размеров в ЕСДП, в котором назначаются допуски, разбит на интервалы размеров. Внутри каждого интервала предельные отклонения от различных номинальных размеров приняты одинаковыми.

Исходя из особенностей взаимосвязи размера детали и возможности в отношении точности ее изготовления, установленные в системах допусков интервалы разделяются на основные (табл. 4.1) и промежуточные. Диапазоны размеров свыше 1 и до 500 мм, а также свыше 500 и до 10000 мм разбиты на 13 основных интервалов каждый.

Промежуточные интервалы введены для номинальных размеров свыше 10 мм и делят каждый основной интервал на две, а в некоторых случаях – на три части.

Учитывая взаимосвязь допусков на размеры детали, а также специальной оснастки и рабочих инструментов, важно обратить внимание на ограничение «свыше» в определении интервалов. Так, например, номинальный размер 30 мм должен входить в интервал свыше 18 до 30 мм, а не в интервал свыше 30 до 50 мм.

Таблица 4.1

## Основные интервалы размеров и единицы допуска

Интервал	Размер интервала, мм	Единица допуска, мкм
1	3	0,51
2	3–6	0,73
3	6–10	0,90
4	10–18	1,08
5	18–30	1,30
6	30–50	1,56
7	50–80	1,86
8	80–120	2,17
9	120–180	2,52
10	180–250	2,89
11	250–315	3,29
12	315–400	3,54
13	400–500	3,89

*Принцип 5. Квалитеты (степени точности или ряды допусков)*

В каждом изделии детали разного назначения изготавливают с различной точностью. Для нормирования требуемых уровней точности установлены квалитеты (степени точности) изготовления изделий и деталей. Квалитет представляет собой совокупность допусков, соответствующих одному уровню точности для всех номинальных размеров. Точность в пределах одного квалитета изменяется только в зависимости от номинального размера. Чем выше точность, тем меньше допуск и уже поле допуска.

В ЕСДП предусмотрено 20 квалитетов, обозначаемых в порядке уменьшения точности (т. е. допуск увеличивается): 01; 0; 1; 2; 3; ...; 17; 18. Сокращенно допуск по квалитету обозначается буквами *IT* или *T* с указанием номера квалитета (например, *IT8* означает допуск по 8 квалитету). Нестандартный допуск (без отнесения к системе) обозначается буквой *E*. Квалитеты отличаются друг от друга коэффициентом точности (количество единиц допуска), обозначаемым буквой *a*, т. е. за каждым квалитетом закрепляется определенное количество единиц допуска:

$$IT(T) = a \cdot i,$$

где *a* – количество единиц допуска;

*i* – единица допуска в определенном интервале размеров.

Для некоторых квалитетов (0,1; 0; 1) допуски определяются по специальным формулам. В табл. 4.2 [85, с. 15] приведено количество единиц допуска, принимаемых для разных квалитетов в ЕСДП.

Таблица 4.2

Количество единиц допуска, принимаемых для разных квалитетов

Квалитет	IT5	IT6	IT7	IT8	IT9	IT10	IT11	IT12	IT13	IT14	IT15	IT16	IT17
Количество	7	10	116	25	40	64	100	160	250	400	640	1000	1600

*Примечание.* Таблица берется без изменений из работы А. И. Якушева [85].

Таким образом, значение стандартного допуска или ширина стандартного поля допуска зависят от квалитета и значений  $a$  и  $i$ .

Допуски по квалитетам применяются для различных целей: по квалитетам 0,1; 0; 1-му – для оценки точности для плоскопараллельных концевых мер длины; по квалитетам 2-му и 4-му – для калибров и особо точных изделий; по квалитетам 4–12-му предусмотрены допуски на размеры сопрягаемых деталей, т. е. в этих квалитетах есть посадки; по квалитетам 13–17-му допуски применяются для неотчетливых размеров, не входящих в соединение с другими деталями, т. е. для свободных размеров.

Квалитеты 6–10-й наиболее употребительны в сопряжениях. Квалитеты 4 и 5-й применяются в особо точных соединениях, а 11 и 12-й – для достаточно грубых соединений с большими зазорами.

*Принцип 6.* Основные отклонения и поля допусков.

Для образования посадок с различными зазорами и натягами предусмотрено по 27 вариантов основных отклонений для валов и отверстий. Основное отклонение – это одно из двух отклонений (верхнее или нижнее), используемое для определения положения поля допуска относительно нулевой линии. В системе ИСО таким отклонением является отклонение, ближайшее к нулевой линии. Основные отклонения для отверстий обозначаются прописными буквами латинского алфавита (например,  $A, B, C, \dots, Z_C$ ), валов – строчными буквами (например,  $a, b, c, \dots, z_c$ ).

Расположение полей допусков отверстий и валов в системе ЕСДП приведено на рис. 4.7.

Основные отклонения отверстий построены таким образом, чтобы обеспечить образование посадок в системе вала аналогично посадкам в сис-



теме отверстия. Они равны по величине и противоположны по знаку основным отклонениям вала, обозначаемым той же буквой. Общее правило определения основных отклонений выражается следующим образом:

$$EI = -es \text{ для посадок тела } A-H; ES = -ei \text{ для посадок тела } J-ZC.$$

Из этого правила сделано исключение для отклонений отверстий  $J, K, M$  и  $N$  с допуском до  $IT_8$  включительно и отклонений  $P-ZC$  до  $IT_7$  включительно для размеров свыше 3 мм. Для этих отклонений установлено, что

$$ES = -ei + \Delta,$$

где  $\Delta = IT_n - IT_{n-1}$  – разность между допуском рассматриваемого качества и допуском ближайшего более точного качества.

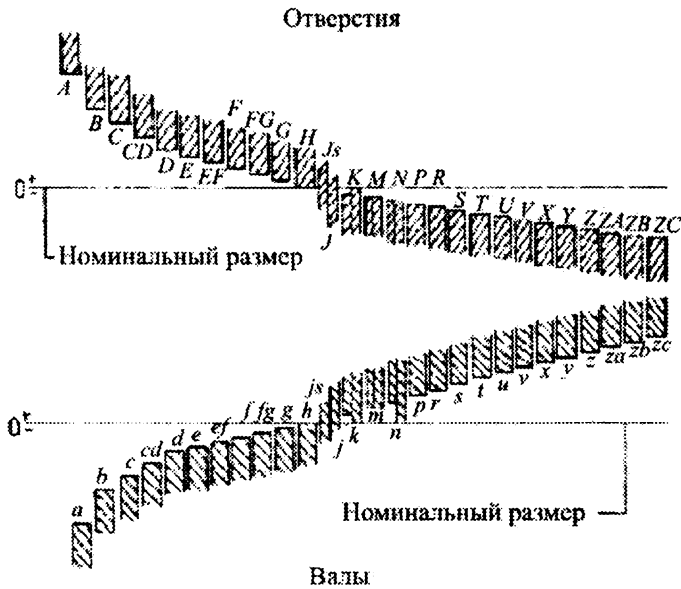


Рис. 4.7. Расположение полей допусков отверстий и валов в системе ЕСДП

При этом величина основного отклонения от качества не зависит. Следовательно, для *отверстий* от  $A$  до  $H$  основное отклонение (нижнее)  $EI$  постоянно для всех качеств, а верхнее отклонение будет равняться  $ES = EI + IT_n$ , для *отверстий* от  $K$  до  $ZC$  основное отклонение (верхнее)  $ES$  постоянно, а нижнее отклонение составит  $|EI| = |ES| + IT_n$ . Для *валов* от  $a$  до  $h$

основное отклонение (верхнее)  $es$  постоянно для всех квалитетов, нижнее отклонение будет составлять  $|ei| = |es| + IT_n$ , а для валов от  $k$  до  $zc$  основным отклонением будет нижнее отклонение  $-ei$ , а верхнее отклонение составит  $es = ei + IT_n$ .

Поле допуска образуется сочетанием одного из основных отклонений с допуском по одному из квалитетов. В соответствии с этим правилом поле допуска обозначают буквой основного отклонения и номером квалитета (например, для вала:  $h6, d11, f9$ ; для отверстия:  $H6, D11, F9$ ).

Для обозначения посадок система ЕСДП разрешает выбирать любые комбинации полей допусков соединяемых деталей. Но, учитывая опыт промышленности, стандарт ГОСТ 25347–82 [89] устанавливает ряд рекомендуемых и предпочтительных посадок. Такое выделение полей допусков способствует сокращению номенклатуры измерительного и режущего инструмента и его производства, повышению уровня унификации изделий, а также создает благоприятные условия для организации централизованного производства.

Основные отклонения валов от  $a$  до  $h$  и отверстий от  $A$  до  $H$  предназначены для образования посадок с зазором.

Основные отклонения валов от  $js$  до  $n$  и отверстий от  $JS$  до  $N$  предназначены для образования переходных посадок.

Основные отклонения валов от  $p$  до  $zc$  и отверстий от  $P$  до  $ZC$  предназначены для образования посадок с натягом. Таким образом, первыми буквами ( $a; A$ ) обозначены основные отклонения для посадок с наибольшими зазорами, а последними ( $zc, ZC$ ) – для посадок с наибольшими натягами (см. рис. 4.7).

Основные отклонения  $h$  и  $H$  равны нулю. Как было отмечено ранее, вал и отверстие с основными равными нулю отклонениями называются основным валом и основным отверстием.

Величина основного отклонения для других полей допусков отверстия и вала меняется при переходе от одного интервала номинальных размеров к другому (например, вал в интервале размеров от 30 до 50 мм для поля допуска  $T$  имеет отклонения в 6-м квалитете: верхнее – 0,025 мм, нижнее – 0,041 мм; в интервале размеров от 50 до 80 мм для поля допуска  $T$  – отклонения в 6-м квалитете: верхнее – 0,030 мм, нижнее – 0,049 мм; соответственно отверстие в интервале размеров от 30 до 50 мм имеет отклонения: верхнее – +0,041 мм, нижнее – +0,025 мм; в интервале размеров от 50 до 80 мм – отклонения: верхнее – +0,049 мм, нижнее – +0,03 мм).

В пределах одного интервала номинальных размеров основные отверстия остаются постоянными. Исключение составляют основные отклонения отверстий  $J$ ,  $K$ ,  $M$ ,  $N$  и валов  $j$  и  $k$ . Также отклонения поставлены в зависимости от качества (для малых размеров в 1–3 интервалах основные отклонения равны нулю, а для размеров в других интервалах основные отклонения отличаются от нуля, поэтому на рис. 4.7 поля допусков для этих отклонений показаны ступенчатыми).

Обозначенные одними буквами основные отклонения отверстий и валов, за некоторым исключением, равны по абсолютной величине и противоположны по знаку, т. е.  $EI = -es$ ;  $ES = -ei$ .

В связи с этим на рис. 4.7 поля допусков валов зеркально отражены относительно полей допусков отверстий.

*Принцип 7.* Посадки в ЕСДП и их обозначение на чертежах.

В системе отверстия различные посадки образуются сочетанием всего набора допусков вала только с одним полем допуска отверстия – полем допуска основного отверстия (с основным отклонением  $H$ ).

В системе вала посадки образуются сочетанием всего набора полей допусков отверстия с одним полем допуска вала из всего набора полей допусков вала – полем допуска основного вала (с основным отклонением  $h$ ).

На сборочных чертежах посадки обозначаются дробью, представленной совокупностью цифр и букв латинского алфавита. Зоны обозначений указаны соответствующими цифрами (рис. 4.8).

*Зона 1.* В этой зоне указывается знак диаметра  $\varnothing$ , если детали в сопряжении имеют цилиндрическую поверхность (см. рис. 4.8).

*Зона 2.* Здесь указывается значение номинального размера в мм.

Далее в обозначении следует дробь. В числителе дроби приводятся обозначения посадочных параметров для отверстия; в знаменателе – для вала.

*Зона 3.* В этой зоне обозначается прописными буквами отклонение для отверстия.

*Зоны 4 и 6.* В этих зонах прописываются порядковые номера качества для отверстия и вала соответственно.

*Зона 5.* Здесь строчными буквами обозначается отклонение для вала.

В системе отверстия в зоне 3 всегда должно быть проставлено обозначение основного отверстия  $H$ . В системе вала в зоне 5 должно быть проставлено обозначение основного вала  $h$ .

*Зоны 7 и 8* содержат указания на предельные отклонения для отверстия (зона 7 – на верхнее отклонение, а зона 8 – на нижнее).

Зоны 9 и 10. В этих зонах указываются предельные отклонения для вала. В зоне 9 – верхнее отклонение, а в зоне 10 – нижнее. Если предельное отклонение равно нулю, то оно на чертеже не дается. Предельные отклонения на сборочных чертежах обозначаются редко и лишь для того, чтобы не обращаться при разработке чертежей деталей к справочной литературе.

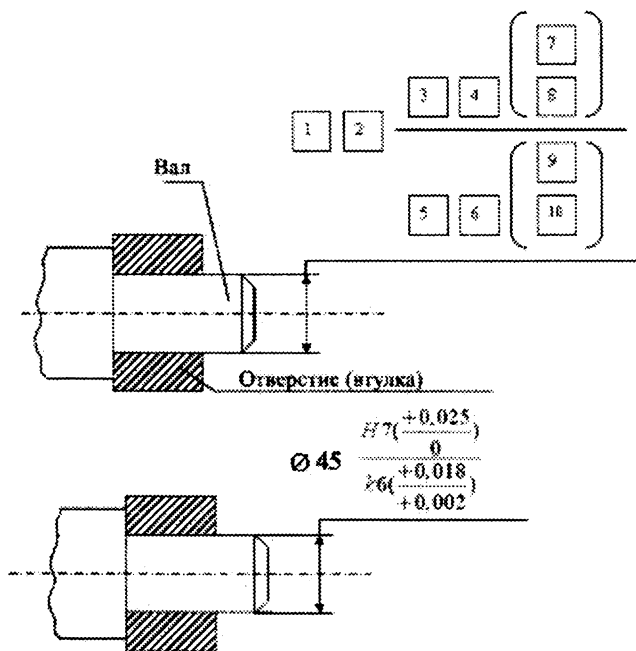


Рис. 4.8. Обозначение посадок на сборочном чертеже:

1–10 – зоны обозначений

Приведем пример обозначения посадок на сборочных чертежах в системе отверстия  $\text{Ø } 45$  (см. рис. 4.8):

$$\text{Ø } 45 = \frac{H7\left(\frac{+0,025}{0}\right)}{k6\left(\frac{+0,018}{+0,002}\right)},$$

где  $\text{Ø}$  – знак диаметра, показывающий, что детали в сопряжении имеют цилиндрическую поверхность;

45 – номинальный размер, мм;

$H$  – основное отверстие (основное отклонение для отверстия). Наличие этой буквы в числителе показывает, что посадка выполнена в системе отверстия;

7 – квалитет для отверстия;

$k$  – основное отклонение для вала;

6 – квалитет для вала.

Нижнее предельное отклонение здесь для основного отверстия равно нулю. Поэтому в числителе в первой строке снизу стоит пробел или ноль. Наименьший предельный размер отверстия равен номинальному (45 мм). Верхнее предельное отклонение для отверстия равно +0,025 мм. Знак «+» показывает, что с этим отклонением диаметр отверстия увеличивается. Поэтому наибольший предельный размер отверстия равен 45,025 мм. Нижнее предельное отклонение для вала равно +0,002 мм, верхнее предельное отклонение равно +0,018 мм. Поэтому наименьший предельный диаметр вала равен 45,002 мм, а наибольший предельный диаметр равен 45,018 мм.

Приведем пример обозначения посадок на сборочных чертежах в системе вала:

$$\text{Ø } 80 \frac{F7}{h6},$$

где  $F$  – основное отклонение для отверстия;

7 – квалитет для отверстия;

$h$  – основной вал (основное отклонение для вала);

6 – квалитет для вала.

Для перевода посадок из одной системы в другую сохраняют квалитеты у отверстия и вала, а основные отклонения заменяются (например,  $\text{Ø } 80 F7 / h6$  и  $\text{Ø } 80 H7 / f6$ . Эти посадки совершенно одинаковы по своим характеристикам).

На чертежах деталей, которые поступают на рабочее место (рабочие чертежи), допуски указываются на основании обозначения посадок на сборочном чертеже.

В качестве примера рассмотрим сборочное соединение, представленное на рис. 4.9, которое состоит из таких деталей, как втулка и вал. Обозначим предельные отклонения (допуски) на сопрягаемых поверхностях. В зонах 1 и 2 расположены знак диаметра и номинальный размер, эти зоны являются общими для обеих деталей, поэтому они должны быть проставлены

на чертежах как втулки, так и вала. Обозначения, которые находятся в числителе, должны быть указаны на чертеже втулки (зоны 3, 4, 7, 8), а обозначения в знаменателе должны быть указаны на чертеже вала (зоны 5, 6, 9, 10).

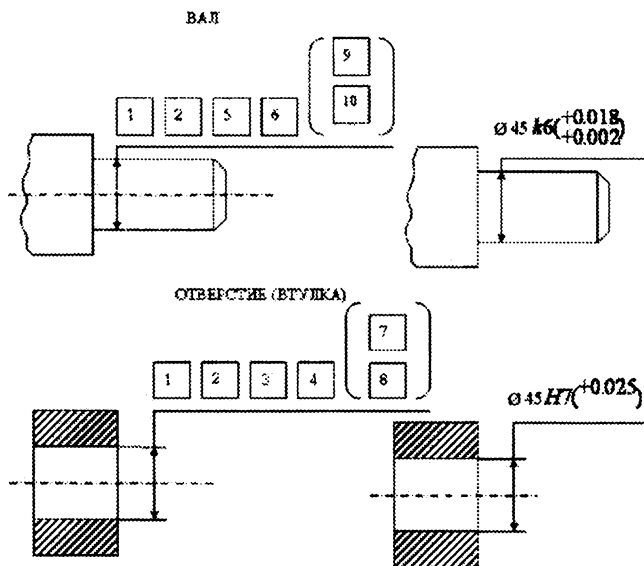


Рис. 4.9. Обозначение допусков на чертежах деталей (номера зон соответствуют рис. 4.8)

В практической деятельности используются предпочтительные поля допусков. Это в значительной мере способствует повышению эффективности производства, поскольку для обработки только по этим полям допусков выпускаются различные виды инструмента (табл. 4.3). Область применения квалитетов определяется степенью их точности.

Таблица 4.3

Предпочтительные поля допусков вала и отверстия

Квалитет	Вал	Отверстие
6	$g6, h6, js6, k6, n6, p6, r6, s6$	—
7	$f7, h7$	$H7, Js7, K7, N7, P7$
8	$e8, h8$	$F7, H7$
9	$d9, f9, p9$	$H9$
10	$d10, h10$	$H10$
11	$d11, h11$	$H11$

Квалитеты от 5 до 12-го применяют при изготовлении деталей, преимущественно образующих сопряжения с другими деталями различного типа. Так, валы 4-го и 5-го квалитета и отверстия 5-го и 6-го квалитета получают, в основном, круглым шлифованием, притиркой, доводкой, хонингованием. Для сопряжения редко применяют 4-й и 5-й квалитеты, а более точные квалитеты не применяют практически никогда. Поэтому более точные квалитеты используют для установки точных подшипников шпинделей и приборов, высокоточных зубчатых колес, поршневых пальцев в поршнях и шатунной головке.

Валы 6-го и 7-го и отверстия 7-го и 8-го квалитетов получают, в основном, тонким точением или растачиванием (алмазным), чистовым развертыванием, чистовым протягиванием, притиркой, хонингованием плоскости, холодной штамповкой в вырубных штампах. Валы и отверстия применяются широко во всех отраслях машиностроения для ответственных сопряжений при установке подшипников качения нормальной точности, зубчатых колес средней точности, подшипников жидкостного трения, для подвижных соединений в кривошипно-шатунных и других механизмах двигателей внутреннего сгорания.

Валы 8-го и 9-го и отверстия 9-го квалитетов получают тонким строганием, получистовым развертыванием, тонким шабрением, холодной штамповкой в вытяжных штампах при изготовлении полых деталей. Данные квалитеты применяются с целью получения относительно больших зазоров и натягов для быстровращающихся валов, опор скольжения средней точности в условиях полужидкостного трения и др.

Валы и отверстия 10-го квалитета получают чистовым зенкерованием и способами, применяемыми для обработки по 9-му квалитету. Эти квалитеты применяются в тех же случаях, что и предыдущие квалитеты, когда условия эксплуатации допускают большие колебания зазора и натяга в соединении.

Валы и отверстия 11-го квалитета получают чистовыми строганием, фрезерованием, обтачиванием, а также сверлением по кондуктору, литьем по выплавляемым моделям.

Валы и отверстия 12-го и 13-го квалитетов получают черновым строганием, чистовым долблением, черновым фрезерованием, сверлением без кондуктора, черновым зенкерованием, получистым растачиванием. Валы и отверстия 11, 12, 13-го квалитетов используются для грубых соединений, таких как крышки, фланцы, в соединениях штампованных деталей, деталей из пластмасс.

Квалитеты от 13 до 18-го используют для параметров деталей, не образующих сопряжений и не оказывающих определяющего влияния на работоспособность изделий. Полученные детали используются в качестве заготовок для дальнейшей обработки. При различных методах обработки, в зависимости от диаметра заготовки, величина допуска может быть различной (рис. 4.10).

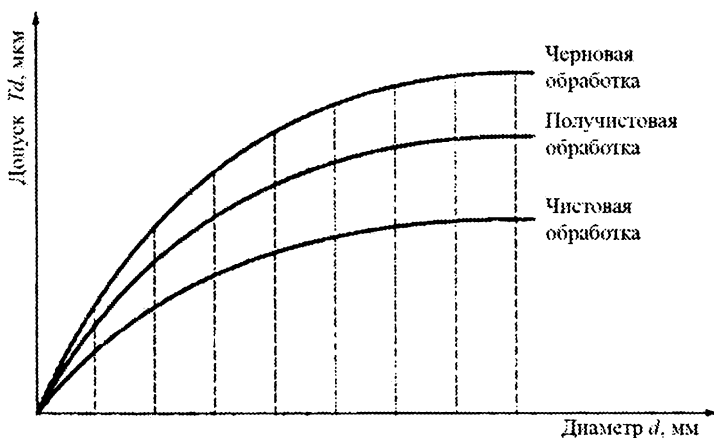


Рис. 4.10. Зависимость допуска от диаметра при различных методах обработки

Для более полного описания единой системы допусков и посадок для деталей с гладкой поверхностью следует четко обозначить рекомендуемые посадки для использования в соединениях (табл. 4.4).

Таблица 4.4

Рекомендуемые посадки для использования в соединениях

Вид посадки	Вид сопряжения	Посадка	Применение
1	2	3	4
Посадки с зазором	Посадки скольжения	$H7 / h6$	Используются для неподвижных соединений при высоких требованиях к точности центрирования часто разбираемых деталей, таких как сменные зубчатые колеса в станках, фрикционные муфты, установочные кольца, фрезы на оправках, центрирующих корпуса подшипники качения в станках



Продолжение табл. 4.4

1	2	3	4
		<i>H8 / h7</i>	Используются при большой длине соединений и при возможности снизить требования по центрированию, а также при установке наконечников в приборах
		<i>H8 / h8</i>	Используются для подвижных и неподвижных соединений. При неподвижных соединениях – для передачи крутящего момента через шпонку, штифт. Обеспечивают центрирование фланцевых соединений корпусов подшипников
		<i>H7 / h1</i>	Являясь посадками низкой точности, используются в грубых подвижных и неподвижных соединениях. Обеспечивают центрирование фланцев крышек и корпусов, соединение деталей под сварку, центрирование звездочек тяговых цепей
	Посадки движения	<i>H7 / g6</i>	Используются для подвижных соединений при установке шпинделей точных станков и делительных головок, ползунов в направляющих долбежных станков, в сменных втулках кондукторов
	Посадки ходовые	<i>H7 / f7</i> <i>F8 / h6</i>	Используются для умеренных скоростей в подвижных посадках (при вращении 50–2000 об/мин), а также при установке подшипников на валах в коробках передач токарных, фрезерных и сверлильных станков
	Посадки легкоходовые	<i>H7 / e8</i> <i>H8 / e8</i>	Используются при вращении 2–25000 об/мин (в приводном вале в подшипниках круглошлифовальных станков)
	Посадки широкоходовые	<i>H8 / d9</i> <i>H9 / d9</i>	Используются для соединений при невысоких требованиях к точности при очень больших скоростях 25–50000 об/мин (сальники, поршни в цилиндрах компрессоров, шпонки)
		<i>H11 / d11</i>	Используются для подвижных соединений, не требующих точности перемещения, а для неподвижных – при грубом центрировании (шарниры и муфты, свободно сидящие на валах грубых механизмов и на маслосбрасывающих кольцах)
Посадки переходные	Посадки плотные	<i>H7 / js6</i>	Используются в зубчатых колесах шпиндельной головки шлифовальных станков, в небольших шкивах и ручках маховиков на концах валов и стаканах подшипников в корпусах

1	2	3	4
	Посадки напряженные	<i>H7 / k6</i>	При их использовании вероятность получения натягов или зазоров одинакова (зубчатые колеса на валах редукторов станков, машин, а также маховики, подшипниковые втулки в корпусах)
	Посадки глухие	<i>H7 / n6</i>	Дают наиболее вероятное получение натягов, при этом зазоры практически не возникают, соединения обычно не разбираются (зубчатые колеса на валах ковочных машин, червячные колеса на валах, бронзовые венцы червячных колес на чугунных ступицах, постоянные втулки в корпусах)
Посадки с натягом	Легкопрессовые посадки	<i>H7 / p6</i>	Применяются при малых моментах и осевых усилиях, при соединениях тонкостенных деталей (втулки и кольца в корпусах, втулки и зубчатые колеса передач токарных)
	Посадки прессовые средние	<i>H7 / r6</i> <i>H7 / s6</i>	Используются для передач крутящего момента в пределах 700–1200 Нм

В главе приведены единые принципы систем допусков и посадок, описаны предпочтительные поля допусков вала и отверстия, обозначены рекомендуемые посадки для использования в соединениях машин.







### 4.3. Допуски точности формы и расположения поверхностей обрабатываемых деталей

Допуски формы и расположения поверхностей нормируются следующими стандартами: основные нормы взаимозаменяемости – ГОСТ Р 53442–2009 [90]; указание допусков формы и расположения поверхностей – ГОСТ 2.308–2011 [91]. Допуски формы и расположения назначаются отдельно только в тех случаях, когда необходимо к указанным поверхностям предъявить другие точностные требования. Правильно назначенные отклонения формы и расположения поверхностей существенно влияют на улучшение эксплуатационных показателей изделий, снижают трудоемкость их изготовления при сборке, а также влияют на точность отдельных элементов деталей при

их производстве. Для обозначения допусков формы и расположения на чертежах стандарт ГОСТ 2.308–2011 [91] устанавливает ряд условных обозначений, разделенных на три группы (табл. 4.5).

Таблица 4.5

Обозначение допусков формы и расположения  
(по их группе и виду)

Группа	Вид	Условное обозначение
Допуски формы	Допуск отклонения от прямолинейности	—
	Допуск отклонения от плоскостности	
	Допуск отклонения от круглости	○
	Допуск отклонения от цилиндричности	
	Допуск отклонения от профиля продольного сечения	=
Допуски расположения	Допуск отклонения от параллельности	//
	Допуск отклонения от перпендикулярности	⊥
	Допуск отклонения от наклона	∠
	Допуск отклонения от соосности	⊙
	Допуск отклонения от симметричности	≡
	Позиционный допуск	⊕
	Допуск отклонения от пересечения осей	×
Допуски формы и расположения (суммарные отклонения)	Допуск радиального биения	
	Допуск торцевого биения	
	Допуск биения в заданном направлении	
	Допуск полного радиального биения	
	Допуск полного торцевого биения	
Допуск отклонения от формы заданного профиля		
Допуск отклонения от формы заданной поверхности		

Под отклонением формы, поверхности или профиля понимают отклонение реальной поверхности или реального профиля от формы номинальной поверхности или номинального профиля.

Профиль представляет собой линию пересечения поверхностей. Профилем может быть прямая линия, в частности линия пересечения с плоскостью. Наиболее часто в машиностроении профиль рассматривается в плоскости, перпендикулярной к поверхности.

*Допуск формы* – это величина, в пределах которой может изменяться отклонение формы.

Будем использовать следующие обозначения:  $A$  – отклонение формы;  $T$  – допуск формы;  $L$  – длина участка, на котором определяется отклонение. Отсчет отклонений формы или профиля производится от *прилегающей плоскости* или *прилегающего профиля*. Таким образом, *отклонение от прямолинейности в плоскости* – это наибольшее расстояние от точек реального профиля до прилегающей прямой в пределах нормируемого участка.

Пример условного обозначения на чертеже требований к прямолинейности показан на рис. 4.11. Здесь профиль детали, который нормируется, помечен стрелкой. Другой конец стрелки соединен с рамкой, которая разделена на две части. В левой части размещен условный знак отклонения от прямолинейности в виде прямой горизонтальной черты. В правой части рамки цифрами указано числовое значение допускаемого отклонения  $T$ . После косой черты указана длина участка, в пределах которого нормируется отклонение  $L$ . Указанное отклонение следует читать таким образом: отклонение от прямолинейности для данного профиля составляет не более 0,01 мм на длине 100 мм. Если допуск прямолинейности относится ко всей длине профиля, то косая черта и длина контролируемого участка во второй части рамки не ставятся. Отсчет этого отклонения производится от точек реального профиля до прилегающей прямой.

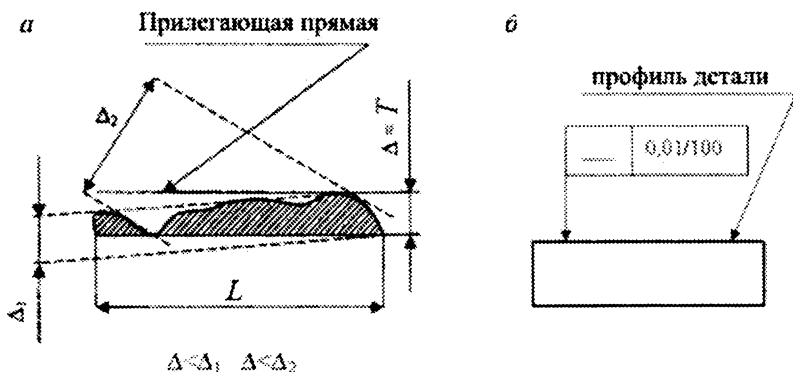


Рис. 4.11. Отклонение от прямолинейности:

$a$  – обозначение прилегающей прямой;  $b$  – обозначение прилегающей прямой на чертеже

*Отклонение от плоскостности* – это наибольшее расстояние  $\Delta$  от точек реальной поверхности до прилегающей плоскости (рис. 4.12, а). Частное отклонение от плоскости используется для запрещения выпуклости с соответствующей надписью «Выпуклость не допускается» (рис. 4.12, б).

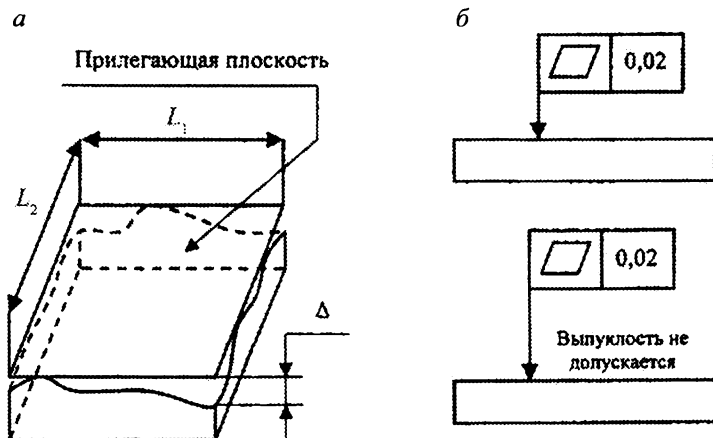


Рис. 4.12. Отклонение от плоскостности:

а – обозначение прилегающей плоскости; б – варианты обозначения прилегающей плоскости на чертеже

*Отклонение от цилиндричности* – это максимальное расстояние  $\Delta$  от точек реальной поверхности до прилегающего цилиндра (рис. 4.13).

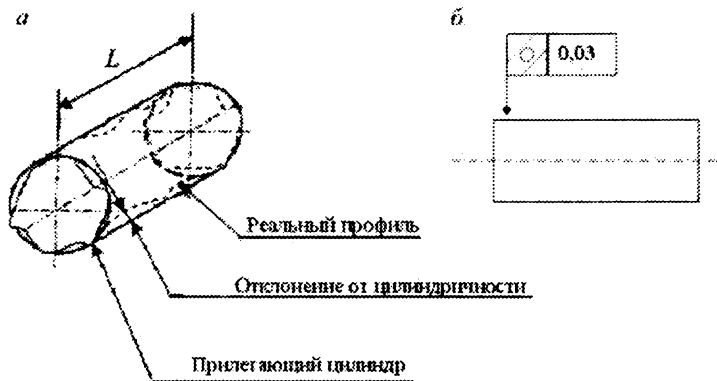


Рис. 4.13. Отклонение от цилиндричности:

а – обозначение прилегающего цилиндра; б – обозначение цилиндра на чертеже

*Прилегающим цилиндром* называется цилиндр минимального диаметра, описанный вокруг реальной наружной поверхности или максимального диаметра, вписанный в реальную внутреннюю поверхность.

*Отклонение от круглости* – это максимальное расстояние  $\Delta$  от точек реального профиля до прилегающей окружности. Этим показателем определяется отклонение формы цилиндрических деталей в плоскости, перпендикулярной оси симметрии.

*Прилегающей окружностью* называется окружность минимального диаметра, описанная вокруг реального профиля наружной поверхности вращения (рис. 4.14, а) или окружности максимального диаметра, вписанная в реальный профиль внутренней поверхности вращения (рис. 4.14, б). Этим показателем определяется отклонение формы цилиндрических деталей в плоскости, перпендикулярной оси симметрии. На рис. 4.14, в показано условное обозначение на чертеже требований к круглости детали. В левой части рамки помещен условный знак отклонения от круглости детали. В правой – численное значение отклонения. Частными видами отклонения от круглости являются овальность и огранка (рис. 4.15).

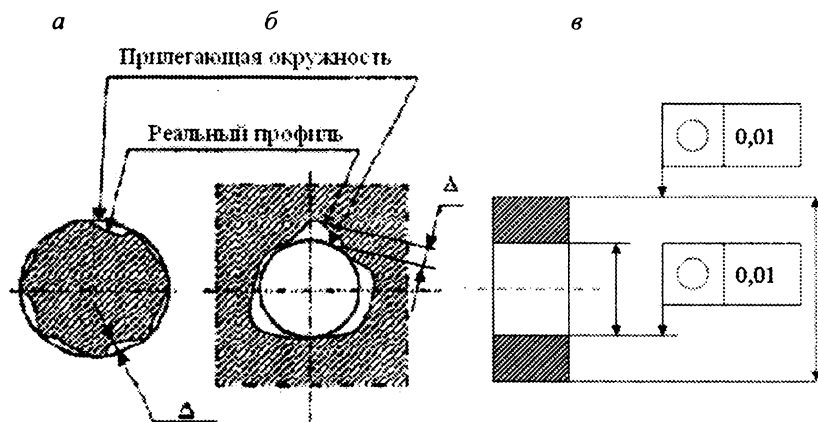


Рис. 4.14. Отклонение от круглости:

а – наружных поверхностей; б – внутренних поверхностей; в – обозначение круглости на чертеже

*Отклонение профиля продольного сечения* – это максимальное расстояние от точек, образующих реальный профиль поверхности, лежащих

в плоскости, проходящих через ее ось симметрии до соответствующей стороны прилегающего профиля. Под *прилегающим профилем* продольного сечения понимаются две параллельные прямые, соприкасающиеся с реальным профилем (продольного) сечения цилиндрической поверхности, расположенные вне объема детали так, чтобы наибольшее расстояние  $\Delta$  точек реального профиля от соответствующей стороны прилегающего профиля имело минимальное значение (это условие понятия о прилегающем профиле).

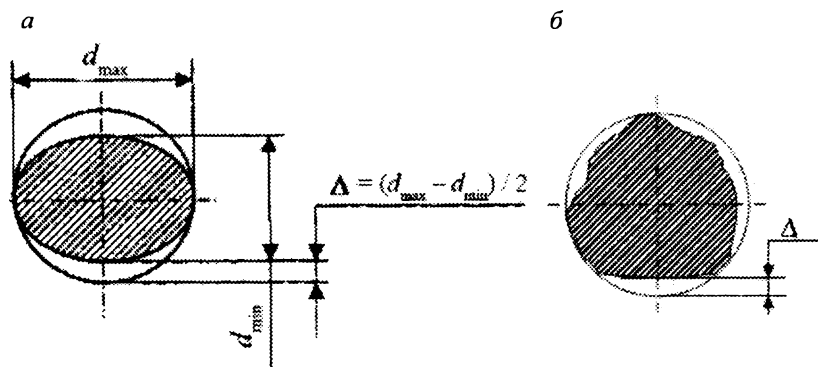


Рис. 4.15. Частные виды отклонения от круглости:

*a* – овальность; *б* – огранка

Этим показателем (т. е. отклонением профиля) определяется отклонение формы цилиндрических деталей в продольной плоскости, проходящих через ось симметрии (рис. 4.16). Частными видами отклонения профиля продольного сечения являются бочкообразность, седлообразность и конусообразность (см. рис. 4.16, *б*, *в*, *г*). Обозначение на чертеже требований к отклонению профиля продольного сечения аналогично предыдущим примерам с соответствующим условным знаком в левой части рамки.

*Отклонение расположения поверхностей или профиля детали* – это отклонение их реального положения от выбранной базы, которой могут быть поверхность, линия или точка той же детали. Базой называется элемент детали, по отношению к которому задается допуск расположения или суммарный допуск формы и расположения рассматриваемых поверхностей.

*Отклонение от параллельности плоскостей* – это разность  $\Delta$  наибольшего и наименьшего расстояний между плоскостями в пределах нормируемого участка (рис. 4.17, *а*).

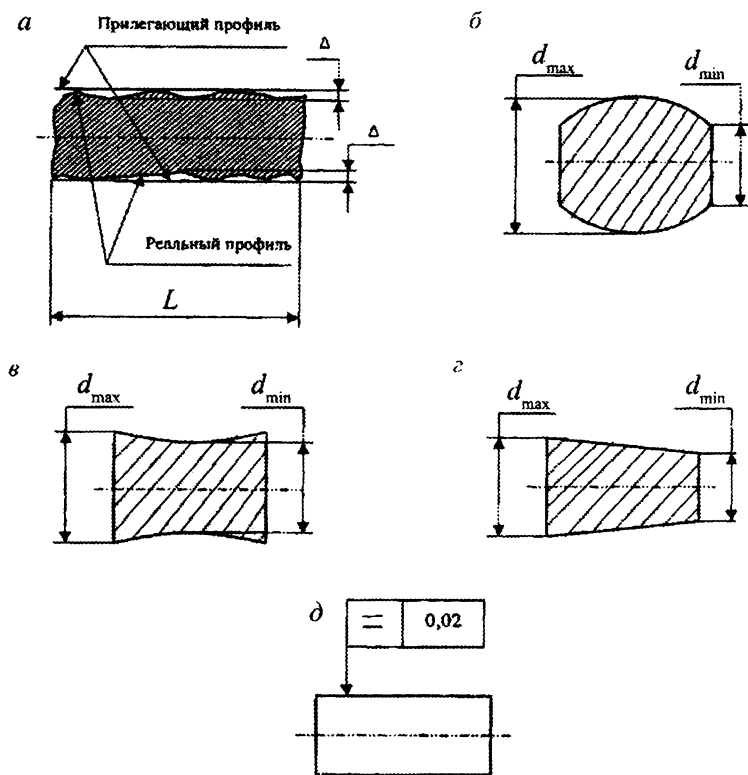


Рис. 4.16. Отклонение профиля продольного сечения:  
*а* – прилегающий профиль; *б* – бочкообразность; *в* – седлообразность;  
*з* – конусообразность; *д* – обозначение продольного сечения на чертеже

На рис. 4.17, *в*, *з* показаны варианты обозначения на чертеже требований к отклонению расположения поверхностей, задается отклонение верхней плоскости детали относительно нижней, которая принята за базовую. Базовая плоскость помечается черным треугольником, который расположен на контурной линии или ее продолжении. В верхнюю плоскость, для которой задано отклонение, упирается стрелка. Другой конец стрелки соединен с прямоугольником, в левой части которого помещен условный знак отклонения от параллельности, а в правой – его числовое значение. Верхняя плоскость связана с базовой соединительной линией (рис. 4.17, *б*). Если плоскость, для которой задано отклонение, трудно соединить с базой, то



поверхность базы должна быть помечена прописной буквой, заключенной в рамку. Ту же букву необходимо указать также в правой части рамки, в которой обозначено отклонение (рис. 4.17, з).

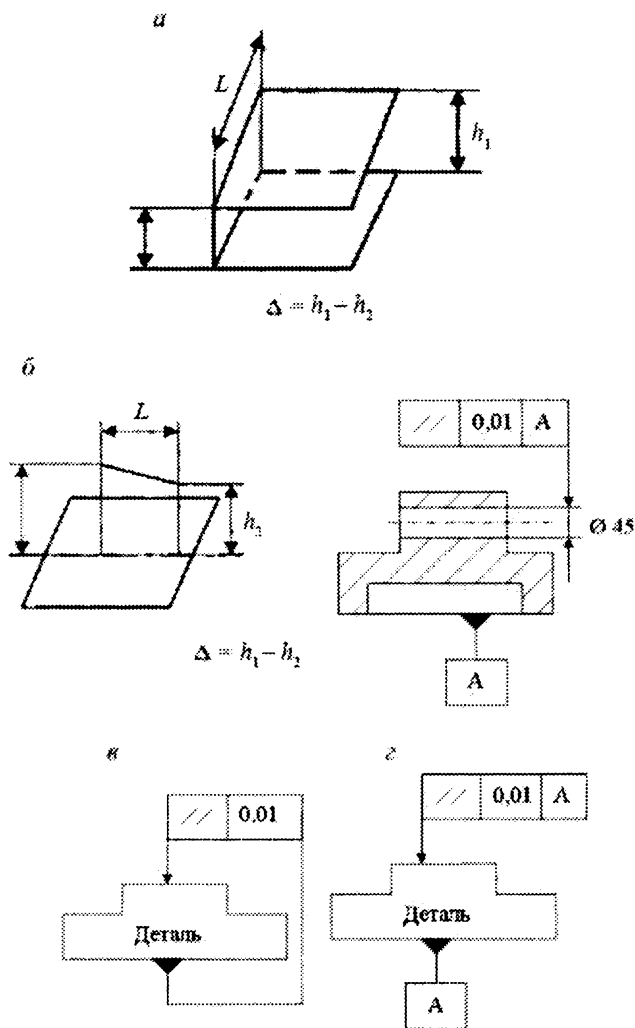


Рис. 4.17. Отклонение от параллельности:  
 а – плоскостей; б – прямой и плоскости; в, г – варианты условных обозначений отклонения от параллельности; А – поверхность, относительно которой задается отклонение

*Отклонение от параллельности оси (прямой) и плоскости* – это разность наибольшего и наименьшего расстояний между осью (прямой) и плоскостью в пределах длины  $L$  нормируемого участка (см. рис. 4.17, б).

Обозначение требований к параллельности оси и плоскости показано на чертеже (см. рис. 4.17). Особенность этого обозначения заключается в том, что если прямая, для которой нормируется отклонение, является осью симметрии, то рамка с обозначениями должна быть соединена не с осью, а с размерной линией.

*Отклонение от параллельности осей (прямых) в плоскости* – это разность наибольшего и наименьшего расстояний между прямыми на длине  $L$  нормируемого участка (рис. 4.18). Обозначение требований к виду отклонения представлено на чертеже (см. рис. 4.18), согласно которому отклонение от параллельности оси отверстия  $\varnothing 20$  мм от оси отверстия  $\varnothing 40$  мм в вертикальной плоскости не превышает 0,1 мм.

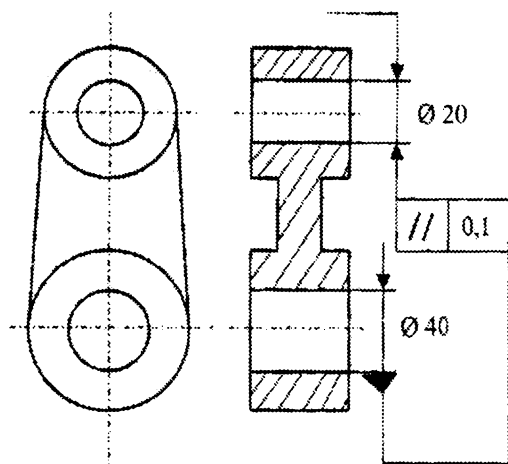


Рис. 4.18. Отклонение от параллельности осей плоскости

*Отклонение от параллельности осей (прямых) в пространстве  $\Delta$*  – это геометрическая сумма отклонений  $\Delta_x$  и  $\Delta_y$  от параллельности проекций двух осей на две взаимно перпендикулярные плоскости в пределах длины  $L$  нормируемого участка (рис. 4.19, а). Здесь плоскость  $I$  называется общей. Она проходит через ось  $1$  и точку на конце оси  $2$ . Поэтому ось  $1$  лежит в общей плоскости и проецируется на нее в натуральную величину.

Плоскость 2 перпендикулярна общей плоскости, параллельна оси 1 и проходит через точку на конце оси 2. Отклонение от параллельности осей определяется по формуле

$$\Delta = \sqrt{\Delta_x^2 + \Delta_y^2}.$$

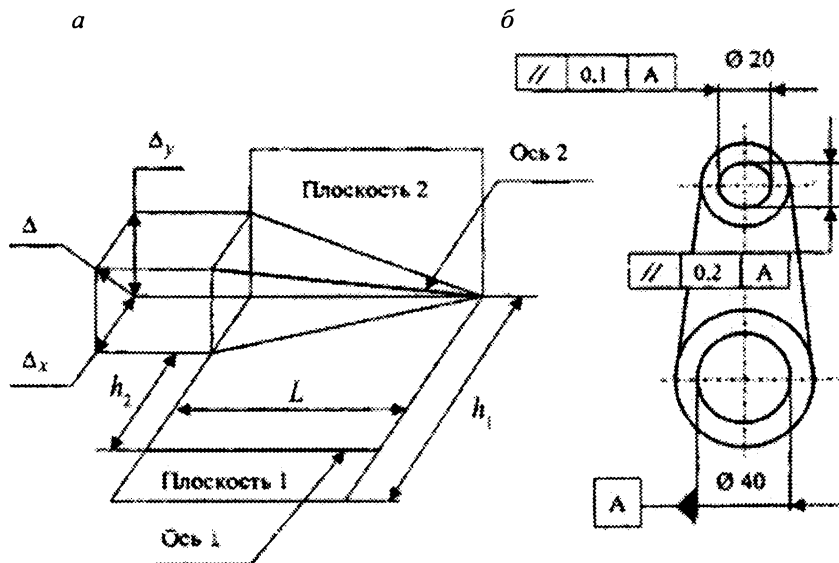


Рис. 4.19. Отклонение от параллельности осей в пространстве:

*a* – по длине; *б* – по оси

Обозначение на чертеже требований к отклонению от параллельности осей в пространстве показано на рис. 4.19, б. Особенность обозначения заключается в том, что это отклонение надо показать на той проекции, где оно измеряется. Тогда на чертеже можно указать отдельно отклонения  $\Delta_x$  и  $\Delta_y$ . Таким образом, по чертежу отклонение от параллельности осей в вертикальной плоскости составляет 0,2 мм, а в горизонтальной плоскости – 0,1 мм. Суммарное отклонение  $\Delta$  определяется по следующей формуле:

$$\Delta_x = h_1 - h_2; \quad \Delta = \sqrt{\Delta_x^2 + \Delta_y^2}.$$

*Отклонение от перпендикулярности плоскостей (осей)* – это отклонение угла между плоскостями (осями) от прямого угла на длине нормируемого участка, выраженное в линейных единицах.

Пример обозначения на чертеже требований к отклонению от перпендикулярности плоскостей показан на рис. 4.20, а, отклонения осей – на рис. 4.20, б.

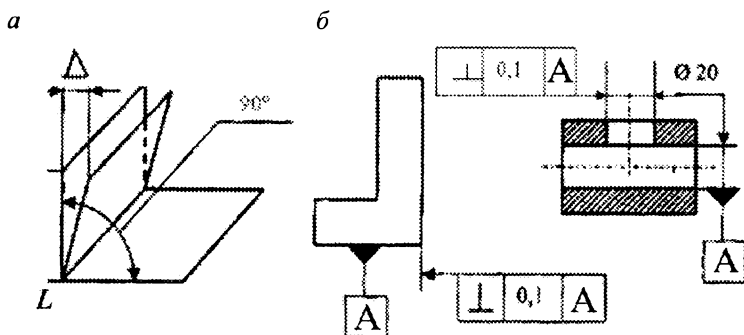


Рис. 4.20. Отклонение от перпендикулярности:  
а – плоскостей; б – осей

*Отклонение наклона* – это отклонение угла между плоскостями, плоскостью и осью (прямой) или между осями (прямыми) от нормируемого угла (указанного на чертеже) на длине нормируемого участка, выраженное в линейных единицах. Примеры обозначения на чертеже требований к точности наклона приведены на рис. 4.21. Чтобы отличить нормируемый угол от других размеров, отклонения которых не указаны (свободные размеры), его заключают в рамку.

*Отклонение от соосности* – это наибольшее расстояние  $\Delta$  между осью рассматриваемой поверхности вращения и осью базовой поверхности (рис. 4.22, а) или общей осью двух и более поверхностей вращения (рис. 4.22, б) на длине нормируемого участка. За общую ось принимается прямая, соединяющая середины осей, для которых определяется отклонение. При обозначении на чертеже требований к соосности необходимо в средней рамке знаком  $R$  задавать отклонение в радиусном выражении (отклонение относится к значению радиуса отверстия), а знаком  $\varnothing$  – в диаметральном (отклонение относится к значению диаметра отверстия). В данном случае  $R$  и  $\varnothing$  – это соотношение радиуса и диаметра цилиндра с осью, совпадающей с базовой осью поверхности, а ось, для которой задано отклонение, должна находиться внутри этого цилиндра. Таким образом, очевидно следующее:  $2R = \varnothing$ .

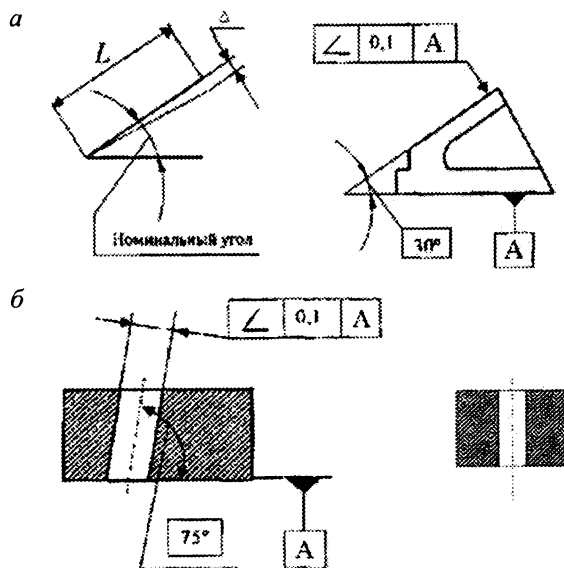


Рис. 4.21. Отклонение наклона:

а – угла между плоскостями; б – угла между осью и плоскостью

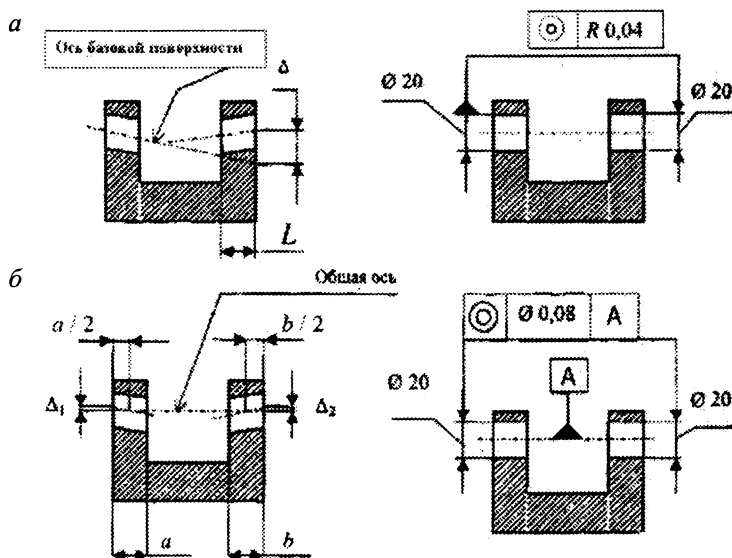


Рис. 4.22. Отклонение от соосности:

а – от базовой оси; б – от общей оси

*Отклонение симметричности* – это наибольшее расстояние  $\Delta$  между плоскостью (осью) симметрии или нескольких элементов и плоскостью (осью) симметрии базового элемента (рис. 4.23, а) или общей плоскостью симметрии двух и более элементов в пределах нормируемого участка (рис. 4.23, б). При обозначении на чертеже требований к симметричности необходимо в средней рамке знаком  $T/2$  задать отклонение в радиусном выражении, а знаком  $T$  – в диаметральном. В данном случае  $T$  – это ширина полосы, в пределах которой должна находиться плоскость симметрии элемента с нормируемым отклонением.

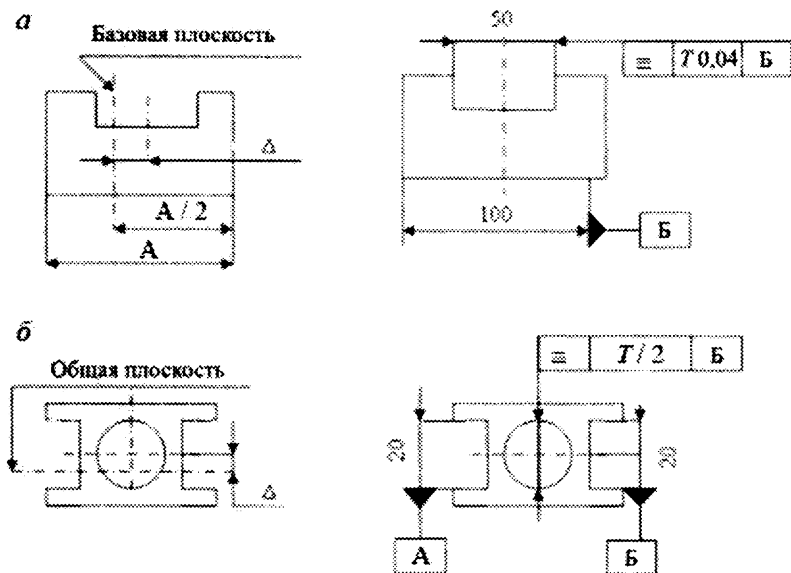


Рис. 4.23. Отклонение от симметричности:

а – относительно базовой плоскости симметрии; б – относительно общей плоскости симметрии; Б – поверхность, относительно которой задается симметричность

*Позиционное отклонение* – это наибольшее расстояние  $\Delta$  между реальным и нормированным (заданным на чертеже) отклонениями (рис. 4.24). Позиционное отклонение может быть задано как в радиусном, так и в диаметральном выражении. При этом знаки  $R$  и  $\varnothing$  применяются, когда элементами являются тела вращения, а знаком  $T/2$  и  $T$  – когда плоскость

(см. рис. 4.24). Размеры, которыми задано номинальное положение нормируемого элемента, должны быть заключены в рамки, что отличает их от размеров с неуказанными отклонениями.

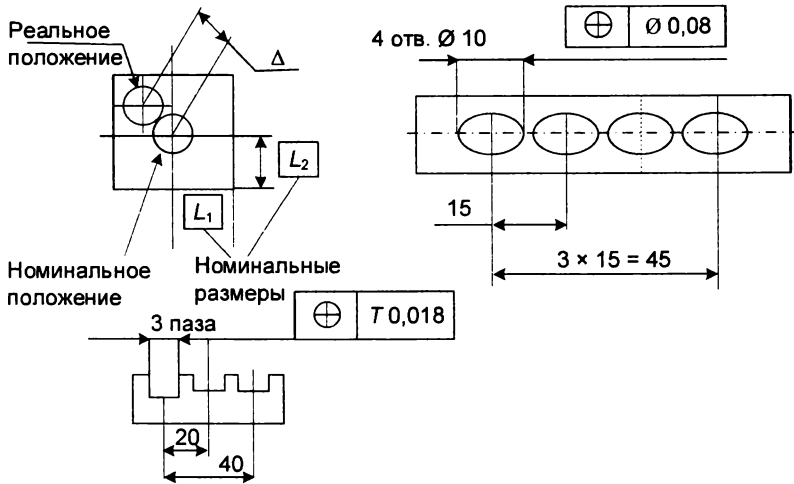


Рис. 4.24. Позиционное отклонение

*Отклонение от пересечения осей* – это наименьшее расстояние  $\Delta$  между осями, которые должны номинально пересекаться (рис. 4.25). Отклонение от пересечения осей также необходимо задать в радиусном и диаметральном выражении, применяя обозначения  $T$  или  $T/2$ .

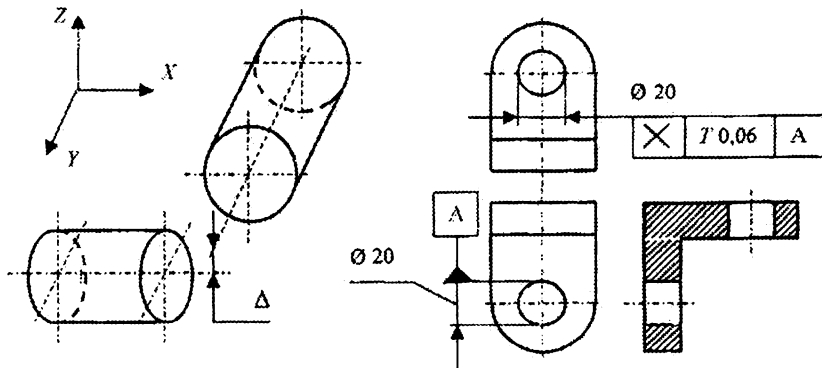


Рис. 4.25. Отклонения от пересечения осей

Суммарные отклонения формы и расположения поверхностей являются результатом сложения отклонений формы и расположения нормируемого элемента относительно заданных баз.

Допускается использовать любые сочетания отклонений формы и расположения, если между ними есть логическая связь.

*Радиальное биение* – это разность наибольшего и наименьшего расстояний от точек реального профиля поверхности до базовой оси в сечении плоскостью, перпендикулярной базовой оси (рис. 4.26).

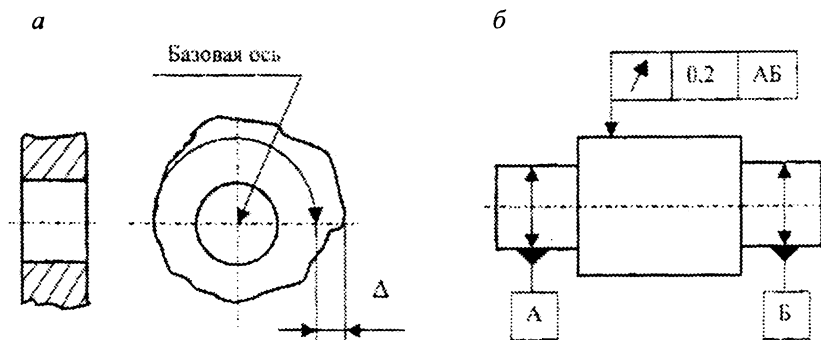


Рис. 4.26. Радиальное биение:

*а* – схема радиального биения; *б* – обозначение радиального биения

Радиальное биение является суммой отклонений от круглости и соосности. Радиальное биение для цилиндрической поверхности определяется как разность наибольшего и наименьшего расстояний от оси в том поперечном сечении, где эта разность имеет максимальное значение.

*Торцевое биение* – это разность наибольшего и наименьшего расстояний от точек реального профиля торцевой поверхности до плоскости, перпендикулярной базовой оси, измеренной на определенном (заданном) диаметре (рис. 4.27, *а*).

Торцевое биение является суммой отклонений от плоскостности и перпендикулярности. Пример обозначения на чертеже требований к торцевому биению представлен на рис. 4.27, *б*. Данное обозначение в этом случае следует читать так: торцевое биение поверхности, на которую указывает стрелка на окружности Ø 20 мм относительно плоскости, перпендикулярной оси поверхности А, не должно превышать 0,1 мм. Обычно такие указания на чертеже даются редко. Часто диаметр окружности, на которой на-



до измерить торцевое биение, не обозначается, т. е. измерение можно производить на любом диаметре указанной поверхности.

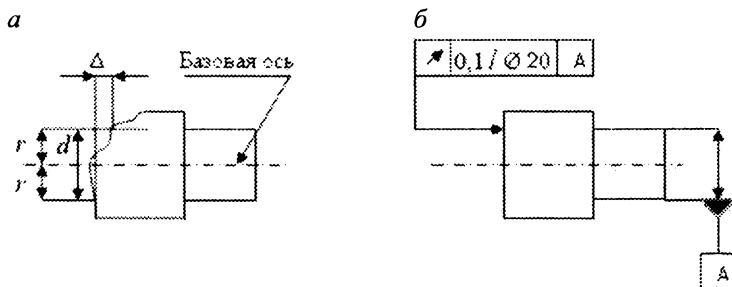


Рис. 4.27. Торцевое биение:

*a* – схема торцевого биения; *б* – обозначение торцевого биения

*Биение в заданном направлении* – это разность наибольшего и наименьшего расстояний от точек реального профиля поверхности вращения в сечении этой поверхности конусом, ось которого совпадает с базовой осью, а образующая ось параллельна направлению биения (рис. 4.28, *a*) и определяется по формуле

$$\Delta = L_{\max} - L_{\min} .$$

Биение в заданном направлении является суммой отклонений от круглости и соосности. Это отклонение задают по нормали к поверхности (рис. 4.28, *б*), а если это направление не совпадает с нормалью, то необходимо указать параметр, например, угол, определяющий данное направление (рис. 4.28, *в*).

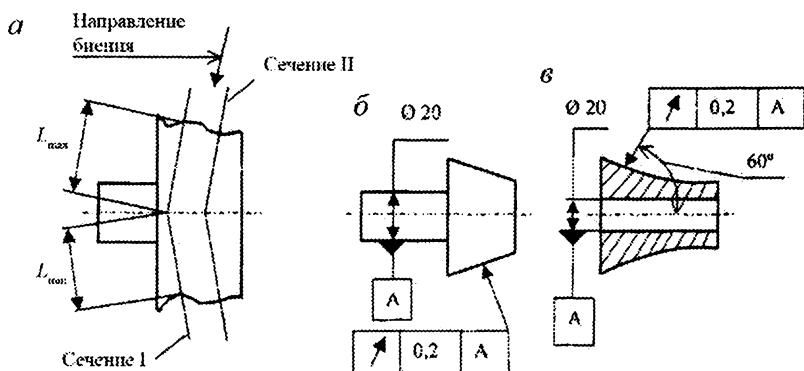


Рис. 4.28. Биение в заданном направлении:

*a* – схема биения в заданном направлении; *б, в* – обозначение биения в заданном направлении

*Полное радиальное биение* – это разность наибольшего и наименьшего расстояний от точек реальной цилиндрической поверхности в пределах нормируемого участка до базовой оси (рис. 4.29).

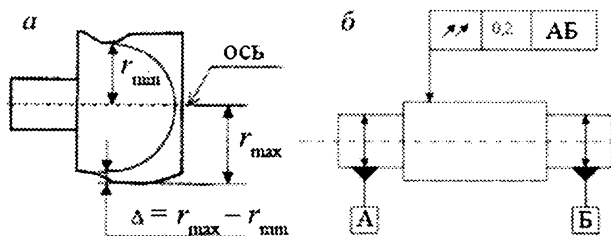


Рис. 4.29. Полное радиальное биение:

*a* – схема полного радиального биения; *б* – обозначение полного радиального биения

Чтобы определить полное радиальное биение, надо найти в пределах всей нормируемой цилиндрической поверхности наибольшее и наименьшее расстояния от оси и взять их разность. При этом радиальное биение для цилиндрической поверхности определяется как разность наибольшего и наименьшего расстояний от оси в том поперечном сечении, где эта разность имеет максимальное значение. Полное радиальное биение является суммой отклонений от цилиндричности и соосности.

*Полное торцевое биение* – это разность наибольшего и наименьшего расстояний от точек всей торцевой поверхности до плоскости, перпендикулярной базовой оси (рис. 4.30).

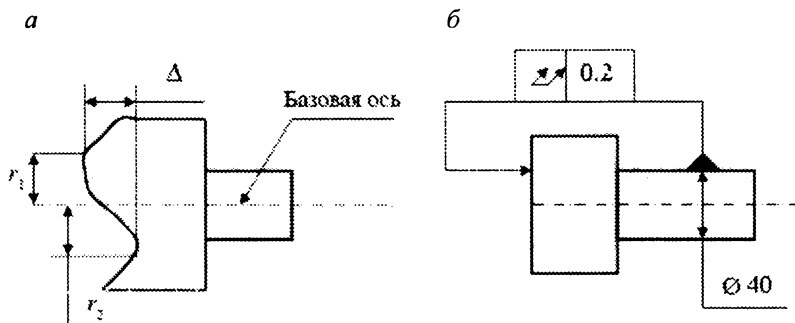


Рис. 4.30. Полное торцевое биение:

*a* – схема полного торцевого биения; *б* – обозначение полного торцевого биения

Отклонение формы заданного профиля или поверхности – это наибольшее отклонение точек реального профиля или поверхности от номинального, определяемое по нормали к номинальному профилю в пределах нормируемого участка (рис. 4.31, а). Это отклонение является результатом сложения отклонений формы и размеров профиля или поверхности с отклонениями их расположения от заданных баз. Отклонения формы и расположения поверхностей могут зависеть от действительных размеров соединяемых элементов.

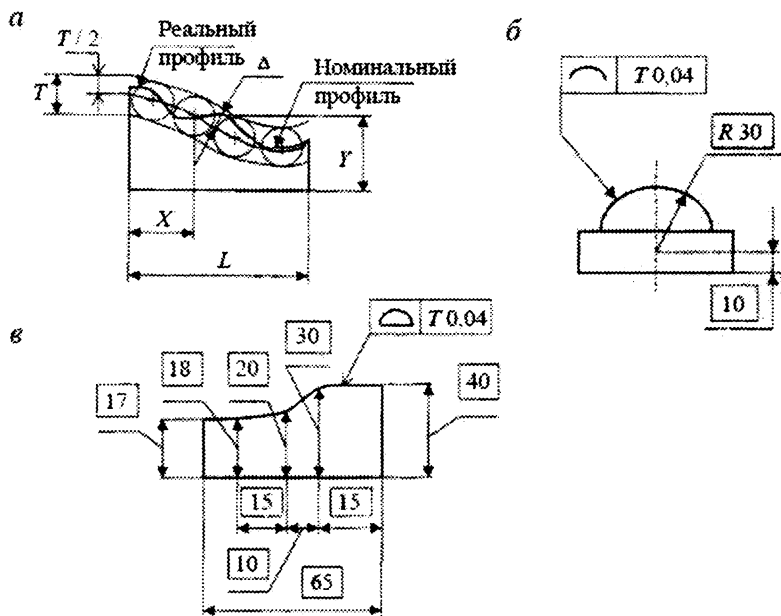


Рис. 4.31. Отклонение заданного профиля:

а, б – формы; в – поверхности; 17, 18, 20, 30, 40 – размеры  $L$ , мкм;  
10, 15, 65 – размеры  $X$ , мкм

Рассмотрим суть этого отклонения на следующем примере.

На рис. 4.32, а указаны требования к соосности: не более  $0,1$  мм при диаметральном выражении этого допуска и при условии зависимости допуска расположения от действительного размера вала  $\varnothing 20$  мм. На графике (см. рис. 4.32, б) показано, как меняется допуск на расположение в зависимости от действительного размера нормируемого элемента. Из графика

видно, что если размер вала будет равен 20 мм, то допуск на отклонение от соосности будет равен 0,1 мм, а если размер вала окажется равным наименьшему предельно допустимому размеру, т. е. 19,97 мм, то допуск тогда на отклонение от соосности будет равен 0,13 мм.

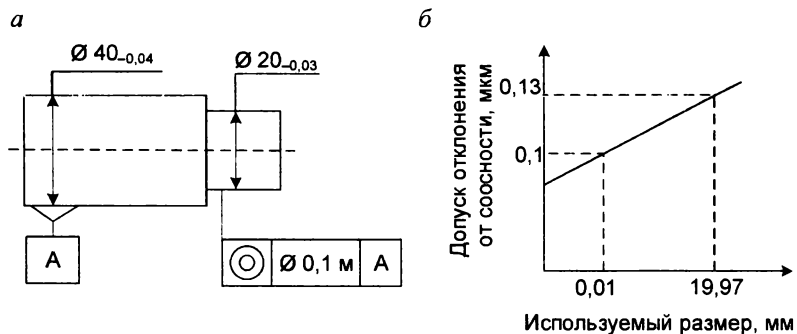


Рис. 4.32. Допуск отклонения от соосности:

*a* – зависимый от действительного размера; *б* – зависимый от значения допуска при разных значениях действительного размера

При любом другом размере от 20 до 19,97 мм допуск на соосность изменяется в соответствии с графиком (см. рис. 4.32, *б*).

В условиях единичного и мелкосерийного производства нецелесообразно нормировать требования к расположению с использованием зависимых допусков.

Согласно ГОСТ Р 53442–2009, для каждого вида отклонений формы и расположения поверхностей установлено 16 степеней точности [90]. В данном случае термин «калитет» заменен на термин «степень точности». Самой точной является 1-я степень, наименее точной – 16-я. Все отклонения от формы (прямолинейности, плоскостности, цилиндричности, круглости, профиля продольного сечения), а также отклонение от параллельности назначаются в тех случаях, когда они должны быть меньше допуска на размер. Очевидно, что если перечисленные отклонения будут больше допуска на размер, то деталь будет являться бракованной.

Вышеупомянутый ГОСТ рекомендует также устанавливать отклонения от формы и расположения в процентах от допуска на размер. Напомним, что допуск на размер зависит от интервала номинальных размеров и квалитета. Установлено три уровня зависимости отклонений от допуска на размер в процентах: *A* – нормальная точность, когда отклонение состав-

ляет примерно 60 % от допуска размера; *B* – повышенная точность, когда отклонение составляет примерно 40 % от допуска размера; *C* – высокая точность, когда отклонение составляет 25 % от допуска размера.

#### 4.4. Качество поверхности и ее влияние на эксплуатационные характеристики деталей

Качество поверхности является одним из важнейших факторов, обеспечивающих высокие эксплуатационные свойства деталей машин и приборов. Оно обуславливается свойствами металла и методами обработки.

Геометрические характеристики качества поверхности показаны на рис. 4.33 в порядке уменьшения их абсолютных величин: отклонения формы (макрогеометрия); волнистость; шероховатость (микрогеометрия); а также субмикрощероховатость, не указанная на рис. 4.33. В отдельных случаях волнистость может быть больше погрешности формы, а шероховатость – больше волнистости. Волнистость занимает промежуточное положение между шероховатостью и погрешностями формы поверхности. Критерием для их разграничения служит отношение шага *S* к высоте неровностей *R*.

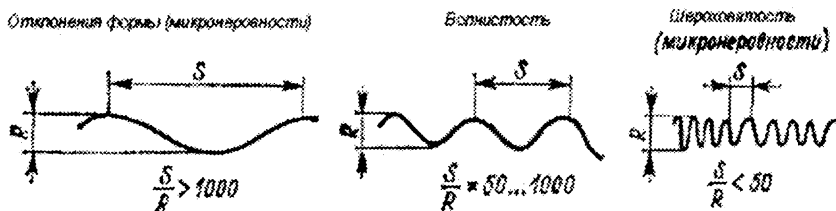


Рис. 4.33. Классификация геометрических характеристик качества поверхности

Шероховатость и волнистость поверхности взаимосвязаны. Волнистость является элементарным отклонением поверхности любой формы. Высота неровностей волнистости и высота шероховатости примерно одинаковы, отношение же шагов к высоте различны.

*Волнистость* – совокупность периодически повторяющихся неровностей на поверхности, которые образуются, прежде всего, в связи с колебаниями или относительными колебательными движениями в системе «станок – инструмент – изделие».

Волнистость определяется на нормальном сечении поверхности. К волнистости, как правило, относятся периодические неровности, отношение

шага к высоте которых больше 40. У изделий с круглым сечением к волнистости относятся отклонения в радиальном сечении, у которых шаг меньше  $1/15$  окружности.

Прочность деталей также зависит от *шероховатости* поверхности. Разрушение детали, особенно при переменных нагрузках, в большей степени объясняется концентрацией напряжений вследствие наличия неровностей. Чем меньше шероховатость, тем меньше возможность возникновения поверхностных трещин от усталости металла. Отделочная обработка деталей (доводка, полирование и т. п.) обеспечивает значительное повышение предела их усталостной прочности.

Уменьшение шероховатости поверхности значительно улучшает антикоррозионную стойкость деталей. Это имеет особенно важное значение в том случае, когда для поверхностей не могут быть использованы защитные покрытия (поверхности цилиндров двигателей и др.).

Надлежащее качество поверхности играет немаловажную роль и в сопряжениях, отвечающих условиям плотности, герметичности, теплопроводности. Важной геометрической характеристикой качества поверхности является *направленность штрихов* – следов механической и других видов обработки. Она влияет на износостойкость поверхности, определенность посадок, прочность прессовых соединений. В ответственных случаях конструктор должен оговаривать направленность следов обработки на поверхности детали. Изнашивание уменьшается и достигает минимума при совпадении направления скольжения с направлением неровностей обеих деталей. Высокой точности соединения всегда отвечают малые шероховатости и волнистость поверхности. Это определяется не только условиями работы сопряженных деталей, но и необходимостью получения надежных результатов измерения в производстве. Уменьшение шероховатости поверхности вносит большую определенность в характер сопряжения, так как размер зазора (или натяга), полученный в результате контроля деталей, отличается от размера эффективного зазора или натяга, имеющего место в эксплуатации или при сборке.

Требования к шероховатости поверхности должны устанавливаться исходя из функционального назначения поверхности для обеспечения заданного качества изделий. Если в этом нет необходимости, то требования к шероховатости поверхности не устанавливаются и шероховатость этой поверхности контролироваться не должна. Требования к шероховатости поверхности не включают в себя требований к дефектам поверхности (например, раковины и пр.), поэтому при контроле шероховатости поверхно-

сти влияние дефектов поверхности должно быть исключено. В некоторых случаях допускается устанавливать требования к шероховатости отдельных участков одной поверхности, которые могут быть различными.

Под *шероховатостью поверхности* понимается совокупность микронеровностей с относительно малыми шагами, выделенная на определенной базовой длине. Нормирование шероховатости поверхности устанавливается ГОСТ 2789–79, которым определены следующие основные параметры шероховатости в пределах базовой длины (рис. 4.34) [92]:

- 1)  $R_a$  – среднее арифметическое абсолютных значений отклонений профиля  $y_i$ , мкм;
- 2)  $R_z$  – среднее арифметическое значение абсолютных отклонений точек наибольших пяти выступов и глубин пяти наибольших впадин  $y_2$ , мкм;
- 3)  $R_{max}$  – наибольшая высота неровностей – расстояния от линии выступов до линии впадин  $y_{max}$ , мкм;
- 4)  $S$  – средний шаг неровностей профиля по вершинам  $S_i$ , мм;
- 5)  $S_m$  – средний шаг неровностей по средней линии  $S_{mi}$ ;
- 6)  $t_p$  – относительная опорная длина профиля – отношение к базовой длине опорной длины, % (% от  $R_{max}$ ).

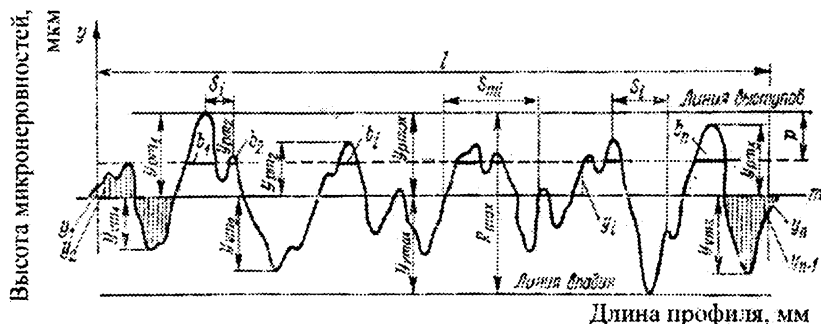


Рис. 4.34. Профиль шероховатости, его характеристики и параметры

Приведем формулу для определения  $t_p$ :

$$t_p = \left( \frac{1}{l} \sum_{i=1}^n b_i \right) \cdot 100 \%,$$

где  $l$  – опорная длина;

$p$  – уровень сечения профиля;

$b_i$  – длина отрезков, отсекаемых в пределах базовой длины средней линией, расположенной на уровне сечения  $p$ .

Количество параметров шероховатости задается конструктором. Все параметры считаются равноценными. Возможно указание двух предельных значений параметра, если допустимое колебание величин параметра не совпадает с принятыми для какого-либо класса шероховатости.

Параметры  $R_a$ ,  $R_z$  представляют собой среднюю высоту неровностей профиля ( $R_a$  – всех неровностей;  $R_z$  – наибольших неровностей), параметр  $R_{\max}$  – полную высоту профиля.

Параметры  $S$  и  $S_m$  характеризуют взаимное расположение (расстояние) характерных точек неровностей (максимумов) профиля и точек пересечения профиля со средней линией (нулей профиля).

Параметр  $t_p$  содержит наибольшую информацию о высотных свойствах профиля (он комплексно характеризует высоту и форму неровностей профиля), так как она аналогична функции распределения. В продольном направлении  $t_p$  позволяет судить о фактической площади контакта при контактировании шероховатых поверхностей на заданном уровне сечения  $p$ .

Выбор параметров и их значений для нормирования шероховатости должен производиться с учетом назначения поверхности и установления их связи с эксплуатационными свойствами поверхности (табл. 4.6).

Таблица 4.6

Величины параметров  $R_a$  и  $R_z$  в зависимости от класса шероховатости

Класс шероховатости	Среднее арифметическое отклонение профиля $R_a$ , мкм	Высота неровностей профиля $R_z$ , мкм	Базовая длина $L$ , мм
1	—	320	8
2	—	160	—
3	—	80	—
4	—	40	2,5
5	—	20	—
6	2,5	—	0,8
7	1,25	—	—
8	0,63	—	—
9	0,32	—	0,25
10	0,16	—	—
11	0,08	—	—
12	0,04	—	—
13	—	0,1	0,08
14	—	0,05	—



ГОСТ 2789–79 рекомендует использовать параметр  $R_z$  для нормирования больших поверхностных неровностей на большой базовой длине и малых неровностей – на малой базовой длине. Для средних поверхностных неровностей рекомендуется использовать параметр  $R_a$  [92].

В табл. 4.7 приведены некоторые важнейшие эксплуатационные свойства поверхности, зависящие от ее шероховатости, и номенклатура параметров, при помощи которых обеспечиваются показатели этих свойств. Параметры  $R_z$  и  $R_{\max}$  нормируют в тех случаях, когда по функциональным требованиям необходимо ограничить полную высоту неровностей профиля. А также когда прямой контроль параметра  $R_a$  с помощью профилометров или образцов сравнения не представляется возможным (например, для поверхностей, имеющих малые размеры или сложную конфигурацию (режущие кромки инструментов, детали часовых механизмов и пр.)).

Таблица 4.7

Параметры шероховатости при различных видах обработки

Вид обработки	Шероховатость поверхности, мкм
Точение: обдирочное чистовое	$R_z 80 - 20, R_z 40 - R_a 2,5$
Торцовое обтачивание обдирочное	$R_z 80 - 20$
Строгание обдирочное	$R_z 80 - 20$
Развертывание чистовое	$R_z 20 - R_a 0,63$
Строгание чистовое	$R_z 20 - R_a 0,63$
Развертывание отделочное	$R_a 1,25 - 0,16$
Протягивание чистовое	$R_a 2,5 - 0,32$
Сверление	$R_z 40 - R_a 1,25$
Фрезерование обдирочное	$R_z 80 - 20$
Фрезерование чистовое	$R_z 20 - R_a 0,63$
Протягивание отделочное	$R_a 0,63 - 0,16$
Шлифование чистовое	$R_a 1,25 - 0,16$
Притирка чистовая	$R_a 1,25 - 0,16$
Притирка тонкая	$R_a 0,32 - R_z 0,025$

Для ответственных поверхностей производится нормирование не только высотных параметров, но и шаговых и параметра  $t_p$ , так как они обеспечивают некоторые функциональные свойства данных поверхностей. Требования к шероховатости поверхности должны устанавливаться путем указания параметра шероховатости (одного или нескольких); числовых значений выбранных параметров; базовых длин, на которых происходит определение указанных параметров.

На практике применяются три варианта указания числовых значений параметра (параметров) шероховатости: наибольшим значением; диапазоном значений; номинальным значением. Наиболее распространенным, применительно к деталям машин, является вариант, когда указано числовое значение параметра, соответствующее наиболее грубой допускаемой шероховатости, т. е. наибольшему предельному значению для параметров  $R_a$ ,  $R_z$ ,  $R_{max}$ ,  $S_m$ ,  $S$  и наименьшему предельному значению параметра  $t_p$ .

В отдельных случаях, когда для правильного функционирования недопустима и слишком гладкая поверхность, тогда применяется второй вариант, при котором указан диапазон значений параметра; а также наибольшее и наименьшее предельные значения.

Третий вариант применяется реже, в основном для образцов сравнения шероховатости поверхности или для образцовых деталей, служащих для этих же целей. При этом варианте указывается номинальное значение параметра с допустимыми предельными отклонениями от него в процентном соотношении. Установление требований к шероховатости поверхности указанием номинальных значений параметра обеспечивает наиболее строгий метрологический контроль. В табл. 4.8 приведены справочные данные по выбору шероховатости в зависимости от элемента детали.

Таблица 4.8

Шероховатость поверхности в зависимости от элемента детали

Элемент детали	Шероховатость, $R_z$
1	2
Нерабочие контуры деталей. Поверхности деталей, устанавливаемых на бетонных, кирпичных и деревянных основаниях	320–160
Отверстия на проход крепежных деталей. Выточки, проточки. Кромки детали под сварные швы. Опорные поверхности пружин сжатия. Отверстия масляных каналов на силовых валах	80
Внутренний диаметр шлицевых соединений (нешлифованных). Свободные несопрягаемые торцовые поверхности валов, муфт, втулок. Поверхности головок винтов	40
Торцовые поверхности под подшипники качения. Поверхности втулок, колец, ступиц, прилегающие к другим поверхностям, но не являющиеся посадочными. Нерабо-	20

1	2
чие торцы валов, втулок, планок. Шейки валов 12-го качества $\varnothing 80-500$ мм. Поверхности отверстий 12-го качества $\varnothing 18-500$ мм и 11-го качества $\varnothing 18-500$ мм	
Наружные диаметры шлицевого соединения. Отверстия пригоняемых и регулируемых соединений (вкладыши подшипников и др.) с допуском зазора – натяга 25–40 мкм. Цилиндры, работающие с резиновыми манжетами. Отверстия подшипников скольжения. Трущиеся поверхности малонагруженных деталей. Посадочные поверхности отверстий и валов под неподвижные посадки	1,25
Шейки валов 5-го качества $\varnothing$ свыше 1 до 30 мм, 6-го качества $\varnothing$ свыше 1 до 10 мм. Валы в пригоняемых и регулируемых соединениях с допусками зазора или натяга 16–25 мкм	0,32
Поверхности деталей, работающих на трение, от износа которых зависит точность работы механизма	0,16
Рабочие шейки валов прецизионных быстроходных станков и механизмов. Шейки валов в пригоняемых и регулируемых соединениях с допуском зазора или натяга 2,5–6,5 мкм. Поверхности отверстий пригоняемых и регулируемых соединений с допуском до 2,5 мкм	0,08

Шероховатость поверхностей обозначают для всех выполняемых по чертежу поверхностей изделия независимо от методов их образования (кроме поверхностей, шероховатость которых не обусловлена требованиями конструкции). Структура обозначения шероховатости поверхности приведена на рис. 4.35.

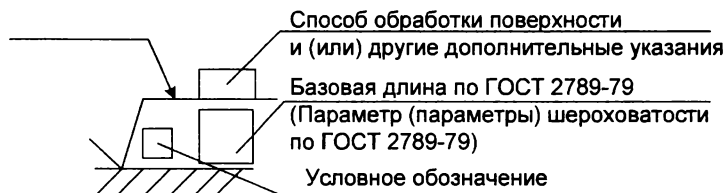


Рис. 4.35. Структура обозначения шероховатостей поверхности

Значение параметра шероховатости по ГОСТ 2789–79 указывают в обозначении шероховатости после соответствующего символа (например,  $R_a 0,4$ ;  $R_{\max} 6,3$ ;  $S_m 0,63$ ;  $t_p 70$ ;  $S 0,032$ ;  $R_z 50$ ) [92].

При указании наибольшего значения параметра шероховатости в обозначении этот параметр приводят без предельных отклонений (например,  $R_a 0,4$  или  $R_z 50$ ). При указании наименьшего значения параметра шероховатости после обозначения параметра следует указывать «min», например,  $R_a 3,2_{\min}$  или  $R_z 50_{\min}$ .

При указании диапазона значений параметра шероховатости поверхности в обозначении приводят пределы значений параметра, размещая их в две строки, например:

$$\begin{array}{cccc} R_a 0,8 & ; & R_z 0,10 & ; & R_{\max} 0,80 & ; & t_{50} 70 \\ 0,4 & ; & 0,5 & ; & 0,32 & ; & 50 \end{array}$$

При этом в верхней строке приводят значение параметра, соответствующее более грубой шероховатости.

При указании номинального значения параметра шероховатости поверхности в обозначении указывают это значение с предельными отклонениями по ГОСТ 2789–79 (например,  $R_{a1} + 20\%$ ;  $R_z 100_{-10\%}$ ;  $S_m 0,63^{+20\%}$ ;  $t_{50} 70 \pm 40\%$ ).

Также указывают следующие параметры:

- параметр высоты неровностей профиля (например,  $R 0,1$ );
- параметр шага неровностей профиля (например,  $0,8 / S_m 0,63$ );
- относительная опорная длина профиля (например,  $1 0,25 / t_{50} + 10\%$ ).

#### 4.5. Обеспечение точности размерных цепей

*Размерной цепью* называется совокупность размеров, образующих замкнутый контур и определяющих положение осей или поверхностей детали или положение деталей в сборочной единице.

Различают детальные и сборочные размерные цепи. В *детальной размерной цепи* все размеры принадлежат одной детали. Расчет детальных размерных цепей производят при разработке процессов обработки деталей. В *сборочной размерной цепи* размеры принадлежат различным деталям; (эти цепи обычно рассчитывают при конструировании и проектировании любой машины или агрегата).

Для упрощения анализа и решения размерных цепей все размеры, зазоры, натяги и перебеги, входящие в цепь, условно представляют в виде замкнутой последовательности векторов с направлением по часовой стрелке

или против часовой стрелки, т. е. в виде схемы размерной цепи (рис. 4.36). Размеры, составляющие размерную цепь, называются *звеньями*.

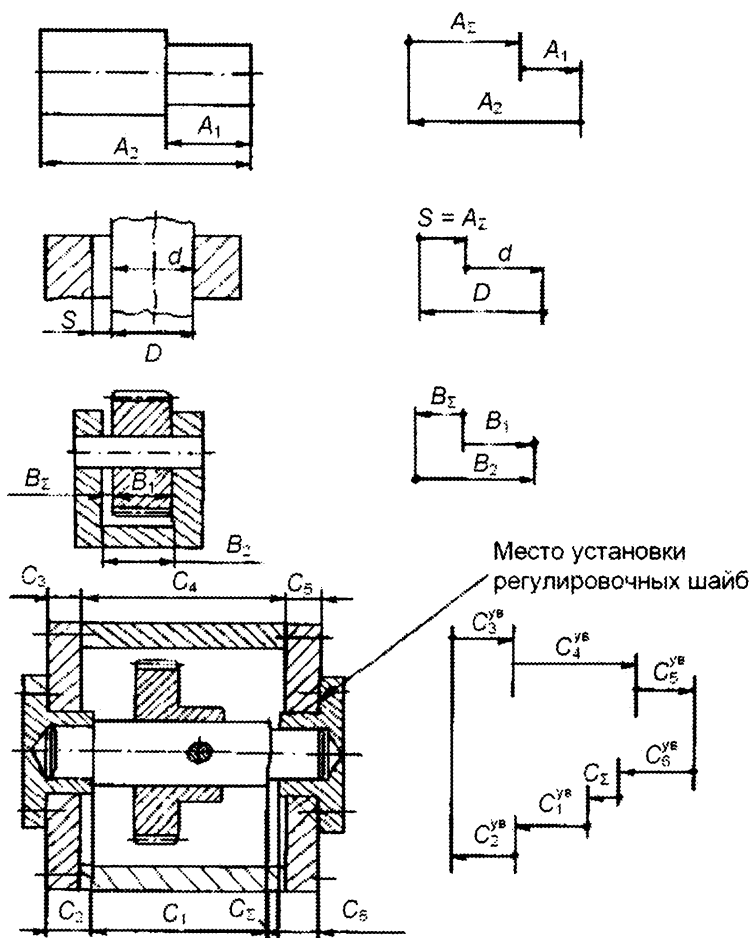


Рис. 4.36. Схемы размерных цепей

По расположению звеньев размерные цепи разделяют на линейные или параллельнозвенные (все звенья параллельны), плоскостные (звенья расположены в одной плоскости) и пространственные (звенья расположены произвольно в пространстве). Выделяют также угловые цепи, в которых звенья цепи являются ее угловыми параметрами, выраженными в угловой мере или в виде отношений.

В линейных размерных цепях допуск замыкающего звена равен сумме допусков всех (увеличивающих и уменьшающих) звеньев.

*Пространственные* цепи выделяют, проектируя звенья на две или три плоскости, а *плоскостные* – проектируя на направления так называемого замыкающего звена.

*Замыкающим звеном* размерной цепи называется размер, который может быть только при сборке (например, расстояние между деталями) или последним при изготовлении (например, размер детали, который на чертеже не указан, так как образуется за счет выполнения других размеров). Остальные звенья (кроме замыкающего) называются *составляющими*. Значение замыкающего звена зависит от размеров составляющих звеньев. Замыкающими звеньями сборочных размерных цепей обычно являются зазоры, натяги, смещения и другие параметры, погрешности которых определяют качество работы всего сборочного узла. Замыкающие звенья на рис. 4.36 обозначены индексом суммы, так как они суммируют погрешности всех звеньев.

Составляющие звенья могут быть увеличивающими и уменьшающими. *Увеличивающими* называют звенья, с увеличением которых замыкающее звено увеличивается (на схеме размерной цепи эти звенья имеют направления, противоположные направлению замыкающего звена:  $A_2, D, B_2, C_3, C_4, C_5$  (см. рис. 4.36)). *Уменьшающими* называют звенья, с увеличением которых замыкающее звено уменьшается (на схеме размерной цепи такие звенья направлены с замыкающим звеном:  $A_1, d, B_1, C_1, C_2, C_6$  (см. рис. 4.37)).

Решение размерной цепи заключается в определении предельных размеров или предельных отклонений звеньев в зависимости от конструктивных и технологических требований с целью обеспечения нормальной работы сборочной единицы и достижения требуемой точности замыкающего звена. Расчет размерной цепи предполагает решение прямой и обратной задачи.

Прямая задача есть определение допусков и отклонений составляющих звеньев по заданному допуску (и отклонениям) замыкающего звена. Обратная задача – определение допуска и отклонений замыкающего звена по известным допускам и отклонениям составляющих звеньев. Полученное значение замыкающего звена сравнивают с заданными значениями и, в случае расхождения, решают прямую задачу.

Известны пять различных методов достижения требуемой точности замыкающего звена (или обеспечения качественной работы изделия).

Первые два заключаются в следующем:

- 1) метод максимума-минимума (или полной взаимозаменяемости), при котором учитывают предельные размеры и их сочетания при сборке изделия;
- 2) вероятностный метод, когда учитывают вероятности соединений деталей с различными размерами.

Следующие три метода объединены тем, что при их использовании изделия оказываются ограниченно взаимозаменяемыми:

- 3) подбор деталей (селективная сборка);
- 4) пригонка;
- 5) использование компенсаторов (метод регулирования).

Наиболее распространен последний метод, при котором составляющие размеры выполняют с большими допусками (кавалитеты 12–17), а требуемый размер замыкающего звена достигается установкой регулировочных шайб, прокладок, втулок и использованием специальных устройств. Например, требуемый зазор  $C_2$  (см. рис. 4.36) можно обеспечить установкой регулировочных шайб между втулкой и стенкой корпуса (плато). Регулировочные шайбы и прокладки широко используются при сборке редукторов, коробок скоростей, различных приводов; специальные гидравлические устройства применяют для регулировки зазоров в подшипниках скольжения, в клапанных механизмах и др. Исходя из условия замкнутости, основное уравнение линейных и некоторых плоских цепей можно записать в следующем виде:

$$\sum_1^n \xi_i A_i = 0,$$

где  $\xi_i$  – коэффициент, характеризующий степень и направление влияния  $i$ -го звена на замыкающее звено, или передаточные отношения;  
 $A_i$  – величина звена.

Для линейных (параллельнозвенных) размерных цепей существует следующее уравнение:

$$\xi_i = \pm 1,$$

где знак «+» применяется для увеличивающих звеньев, а знак «-» – для уменьшающих.

В общем виде уравнение размерной цепи связывает замыкающее звено  $A_\Sigma$  и составляющие звенья  $A_i$ :

$$f(A_\Sigma, A_i) = 0, i = 1, \dots, n. \quad (4.1)$$

Если  $A_i$  не размер, а иной параметр (электрический, оптический, механический и пр.), влияющий на эксплуатационный показатель  $A_\Sigma$  изделия (мощность, расход энергии, скорость и пр.), то указанное уравнение (4.1) называют *уравнением функциональной цепи*.

Решение размерной цепи *методом максимума-минимума* или полной взаимозаменяемости предполагает, что заданная точность замыкающего звена будет обеспечена без пригонки, подбора или дополнительной регулировки даже при самых неблагоприятных сочетаниях максимальных и минимальных размеров деталей при сборке.

Пользуясь правилом «обход по контуру» для размерной цепи, приведенной на рис. 4.36, запишем следующим образом определение замыкающего звена  $C_\Sigma$ :

$$C_\Sigma = (C_3 + C_4 + C_5) - (C_6 + C_1 + C_2).$$

Звенья, заключенные в первую скобку, являются увеличивающими звеньями, а во вторую – уменьшающими. Таким образом, в простейшем случае уравнение размерной цепи можно записать в следующем виде:

$$A_\Sigma = \sum_n A_i^{yB} - \sum_m A_j^{yM}, \quad (4.2)$$

где  $A_\Sigma$  – замыкающее звено;

$n$  – число увеличивающих звеньев  $A_i^{yB}$ ;

$m$  – число уменьшающих звеньев  $A_j^{yM}$ .

После составления уравнения в виде вышеуказанной формулы (4.2) и определения номинального значения замыкающего звена, предельные значения замыкающего звена рассчитывают следующим образом:

$$A_{\Sigma_{\max}} = \sum_n A_{i_{\max}}^{yB} - \sum_m A_{j_{\min}}^{yM},$$

$$A_{\Sigma_{\min}} = \sum_n A_{i_{\min}}^{yB} - \sum_m A_{j_{\max}}^{yM},$$

где  $A_{\Sigma_{\max}}$ ,  $A_{i_{\max}}^{yB}$ ,  $A_{j_{\max}}^{yM}$  – наибольшие предельные размеры соответственно замыкающего звена,  $i$ -го увеличивающего звена,  $j$ -го уменьшающего звена;

$A_{\Sigma_{\min}}$ ,  $A_{i_{\min}}^{yB}$ ,  $A_{j_{\min}}^{yM}$  – наименьшие предельные размеры соответственно замыкающего звена,  $i$ -го увеличивающего звена,  $j$ -го уменьшающего звена.



Почленно вычитая из  $A_{\Sigma\max}$  значение  $A_{\Sigma\min}$ , получим

$$A_{\Sigma\max} - A_{\Sigma\min} = \left( \sum_n A_{i\max}^{\text{УВ}} - \sum_m A_{j\min}^{\text{УМ}} \right) - \left( \sum_n A_{i\min}^{\text{УВ}} - \sum_m A_{j\max}^{\text{УМ}} \right).$$

Разность предельных размеров, т. е. допуск этого размера можно вычислить по следующим формулам:

$$\begin{aligned} A_{\Sigma\max} - A_{\Sigma\min} &= T_{\Sigma}, \\ A_{i\max}^{\text{УВ}} - A_{i\min}^{\text{УВ}} &= T_i^{\text{УВ}}, \quad i = 1, \dots, n, \\ A_{j\max}^{\text{УМ}} - A_{j\min}^{\text{УМ}} &= T_j^{\text{УМ}}, \quad j = 1, \dots, m, \end{aligned}$$

где  $T_{\Sigma}$ ,  $T_i^{\text{УВ}}$ ,  $T_j^{\text{УМ}}$  – допуски соответственно замыкающих  $i$ -го увеличивающего и  $j$ -го уменьшающего звеньев.

Допуск замыкающего звена  $T_{\Sigma}$  равен сумме допусков всех (увеличивающих и уменьшающих) звеньев:

$$T_{\Sigma} = \sum_1^{m+n} T_i, \quad i = 1, \dots, m + n.$$

При решении прямой задачи, когда известен заданный допуск замыкающего звена, требуется так назначить допуски составляющих звеньев, чтобы допуск замыкающего звена был не больше заданного, т. е.

$$T_{\Sigma} \leq [T_{\Sigma}].$$

При этом предельные значения замыкающего звена не должны выходить за установленные пределы. Допуски составляющих звеньев можно определить следующими способами: равных допусков и одного качества.

При способе равных допусков допуски всех звеньев называют одинаковыми. Таким образом, получаем выражение для расчета этого одинакового (среднего) допуска  $T_C$ :

$$T_C = \frac{[T_{\Sigma}]}{m+n}.$$

При способе одного качества допуски составляющих звеньев принимают соответствующими одному качеству (т. е. коэффициенты точности  $a$  для всех размеров одинаковы). Таким образом, получаем

$$a = \frac{[T_{\Sigma}]}{\sum_1^{m+n} i},$$

где  $i$  – единица допуска, мкм.

Детали, изготовленные по одному чертежу, имеют размеры, которые в пределах допуска отличаются друг от друга. В партии изделий больше всего деталей с размерами, близкими к середине поля допуска, деталей же с размерами, близкими к предельным (наибольшим и наименьшим), как правило, немного. Учитывая обычную технологию сборки, при которой сборщик наугад выбирает детали (условие полной взаимозаменяемости), практически невозможно ожидать, что в сборочном узле будут одновременно находиться детали с наибольшими увеличивающими размерами и наименьшими уменьшающими размерами. Следовательно, при сборке не будет изделий, в которых замыкающее звено имеет размер  $A_{\Sigma\max}$  или  $A_{\Sigma\min}$ . В этом случае для расчета наибольших и наименьших размеров и допуска замыкающего звена с учетом возможности соединения деталей с различными размерами необходимо использовать зависимости теории вероятностей, что достаточно сложно. Среднее значение замыкающего звена можно приближенно определить, используя средние значения составляющих звеньев, если средние размеры деталей в партии соответствуют серединам полей допусков.

При вероятностном методе допуск замыкающего звена рассчитывается по следующей формуле:

$$T_{\Sigma} = \frac{1}{\lambda_{\Sigma} \sqrt{\sum_1^{m+n} T_i^2 \lambda_i^2}},$$

где  $\lambda_{\Sigma}$ ,  $\lambda_i$  – коэффициенты (относительного рассеяния) замыкающего звена и  $i$ -го составляющего звена, которые зависят от эмпирических законов распределений размеров деталей при изготовлении и изменяются от 0,33 до 0,58 (часто в расчетах используют так называемый нормальный закон (закон Гаусса), при котором  $\lambda_{\Sigma}$  и  $\lambda_i$  равны 0,33);

$T_i$  – допуск составляющего звена.

Как показывают результаты расчетов, допуск замыкающего звена оказывается меньше по сравнению со значением, полученным по методу максимума-минимума, а допуски составляющих звеньев (при решении прямой задачи) – большими (более дешевыми при изготовлении), что является преимуществом этого метода. Следует учитывать также, что на сборке возможно получение некоторого количества изделий, у которых значения замыкающих звеньев не соответствуют установленным пределам, т. е. изделия будут являться бракованными. В этом случае может использоваться метод селективной сборки или метод пригонки и регулирования.

*Метод селективной сборки* заключается в том, что заданная точность замыкающего звена достигается при сборке подбором деталей по их размерам. Детали предварительно рассортировывают на несколько групп, размеры деталей каждой группы очень близки. При сборке подбирают детали из одноименных групп. Число групп сортировки рассчитывают по уравнению

$$n = \frac{\sum_{i=1}^{m+n} T_i}{[T_{\Sigma}]},$$

где  $n$  – число групп сортировки;

$T_i$  – допуск  $i$ -го составляющего звена;

$[T_{\Sigma}]$  – заданный допуск замыкающего звена.

Этот метод обычно используют в точных размерных цепях с малым числом звеньев (3–4), например, в соединениях «поршень – цилиндр», в подшипниках скольжения и др.

При *методе пригонки* заданная точность замыкающего звена (например, требуемая величина зазора) обеспечивается пригонкой (подрезкой, шлифовкой, шабрением и др.) одной из деталей (например, требуемый зазор в размерной цепи (см. рис. 4.36) может быть получен подрезкой торца втулки).

Размеры пригоняемой детали рассчитывают с учетом припуска на обработку так, чтобы пригонка была возможна при расчетных допусках и отклонениях составляющих звеньев. Способ пригонки (черновая или чистовая подрезка, шлифовка и др.) должен обеспечивать необходимую точность размера, т. е. допуск на пригонку  $T_{\text{приг}}$  должен быть не больше заданного допуска замыкающего звена:

$$T_{\text{приг}} \leq [T_{\Sigma}].$$

При *методе регулирования (методе компенсаторов)* предусматривается использование сменных деталей, регулировочных шайб, прокладок, втулок или различных устройств (пружинных, гидравлических, электро-механических компенсаторов и пр.). Этот метод широко распространен во всех производствах, так как позволяет добиться высокой точности размерных цепей при относительно грубых (12–17-й квалитеты) допусках состав-

ляющих звеньев (например, требуемая величина зазора в размерной цепи (см. рис. 4.36) может быть обеспечена установкой регулировочных шайб между торцом втулки и стенкой корпуса).

Толщину регулировочной шайбы определяют из условия

$$\delta \leq [T_{\Sigma}],$$

где  $\delta$  – толщина прокладки (шайбы).

Установкой одной, двух или более прокладок (шайб) необходимо компенсировать грубые (большие) допуски составляющих звеньев. Величину компенсации  $T$  рассчитывают по следующему уравнению:

$$T = \sum_1^{m+n} T_i - [T_{\Sigma}].$$

Максимальное число прокладок (шайб) для одного экземпляра изделия составит

$$z = T / \delta,$$

где  $z$  – число прокладок в одном сборочном узле.

Размер одного звена (или нескольких звеньев) необходимо изменить так, чтобы можно было использовать во всех случаях набор регулировочных прокладок. Для этого при сборке изделий измеряют замыкающее звено (например, с помощью тарированных щупов измеряют зазор) и определяют, сколько регулировочных прокладок (шайб) необходимо установить для получения заданного значения замыкающего звена.

### ***Вопросы и задания для самоконтроля***

1. Почему при изготовлении изделий неизбежны погрешности размеров?
2. В чем разница между номинальным и действительным размерами?
3. Как связаны между собой предельный размер, номинальный размер и предельное отклонение?
4. Что определяет допуск?
5. Как связаны между собой предельные отклонения и допуск?
6. Какие элементы деталей имеют обобщенные названия «отверстие» и «вал»? Приведите конкретные примеры.
7. Как графически изображаются размеры, отклонения и поле допуска? Что на схеме обозначает нулевая линия?

8. В чем различие между понятиями «допуск» и «поле допуска»?
9. Сформулируйте условия годности действительного размера вала и действительного размера отверстия.
  10. Что такое посадка и чем она характеризуется?
  11. Что такое зазор и натяг и каковы условия их образования?
  12. Какие существуют группы посадок? Для каких целей применяются посадки каждой группы?
  13. Как образуются посадки в системе отверстия и в системе вала?
  14. Как расположено поле допуска основного отверстия в системе отверстия?
    15. Как расположено поле допуска основного вала в системе вала?
    16. Как называются ряды точности в ЕСДП?
    17. Как наносятся предельные отклонения размеров на чертежах деталей?
    18. Что обозначает размер  $30H7$  на чертеже детали?
    19. Как связаны квалитеты со способом обработки поверхностей?
    20. Как обозначаются посадки на чертежах сборочных единиц?
    21. Определите величины наибольшего и наименьшего зазоров в посадке  $30H9 / d9$ .
    22. Перечислите виды отклонений формы поверхности и назовите их условные обозначения на чертеже.
    23. Что такое шероховатость поверхности? Назовите ее размерные параметры.

## Заключение

В учебном пособии рассмотрены вопросы, которые являются основными для подготовки бакалавров профессионального обучения машиностроительных профилей. Каждый специалист такого профиля должен знать инструменты, при помощи которых обеспечивается качество продукции машиностроения, а также способы, методы и средства, которыми нормируется, контролируется и гарантируется установленное качество.

Метрология, стандартизация и взаимозаменяемость – это основные инструменты нормирования и обеспечения качества продукции, работ и услуг и поэтому они являются важнейшими аспектами инновационной и предпринимательской деятельности любой организации. Они образуют своеобразную триаду, на основе которой может происходить овладение студентами методами обеспечения, управления и менеджмента качества, и которая представляет собой одно из главных условий выхода производителя на рынок с конкурентоспособной продукцией. Составные части триады неразрывно связаны друг с другом и их изучение в рамках одной учебной дисциплины дает возможность обучающимся получить более полное представление о важности и значимости каждого из элементов данной триады.

Проблема качества является важнейшим фактором повышения уровня жизни, а также экономической, социальной и экологической безопасности. Международная организация по стандартизации определяет качество как совокупность свойств и характеристик продукции или услуги, которые придают им способность удовлетворять реальные или предполагаемые потребности. Требования к качеству на международном уровне определены стандартами ИСО серии 9000. Эти стандарты установили единый признанный практически во всем мире подход к договорным условиям по оценке систем качества и одновременно регламентировали отношения между производителями и потребителями продукции.

Развитие современных технологий приводит к созданию продукции не только с высокими техническими характеристиками, но и к экологически безопасной продукции. Поэтому в существующие стандарты постоянно вносятся изменения и дополнения с целью закрепить достигнутый уровень развития производства. Международные стандарты ужесточаются в отношении экологической безопасности промышленной продукции, что приводит к раз-

витию конкуренции и созданию машин, которые при работе выделяют меньше вредных веществ в атмосферу, имеют низкий уровень шума и вибрации. Так, для вступления в ВТО России необходимо было гармонизировать свои стандарты в соответствии с международными требованиями, чему способствовало принятие Федерального закона «Об обеспечении единства измерений». Единство измерений характеризует такое состояние измерений, при котором их результаты выражены в узаконенных единицах измерения, а погрешности измерений известны с заданной вероятностью. Все отрасли техники не могут существовать без развернутой системы измерений, определяющих как все технологические процессы, контроль и управление ими, так и свойства и качество выпускаемой продукции. Единство измерений необходимо для того, чтобы можно было сопоставить результаты измерений, выполненных в разных местах, в разное время, с использованием разных методов и средств измерений.

Вопросами теории и практики обеспечения единства измерений занимается такая наука, как метрология, в которой определение и установление точности размеров, формы и расположения поверхностей, а также шероховатость поверхностей в настоящее время измеряются долями микрометров. Подобная точность измерений может быть достигнута при наличии соответствующих технических средств и отработанной методики проведения измерений. В связи с тем, что метрология как наука находится в постоянном развитии, совершенствуются средства контроля изделий. Так, например, широкое распространение получают измерительные инструменты с цифровым отсчетным устройством, точность измерений которыми на порядок выше (а иногда и более, чем на порядок) точности измерений традиционными средствами. Производительность контроля размеров детали, особенно сложной конфигурации, повышается при использовании измерительной машины, которая способна определить не только линейные и угловые размеры, но и отклонения формы и взаимного расположения поверхностей с заданной точностью и вывести результат на дисплей за считанные минуты. Все это отражает уровень метрологического обеспечения машиностроительного производства и определяет такие показатели качества выпускаемой продукции, как взаимозаменяемость и совместимость.

Взаимозаменяемость показывает пригодность одного изделия для использования вместо другого в целях выполнения одних и тех же требований. В результате она выражается в отсутствии необходимости при сборке

подгонять соединяемые детали и комплектующие изделия, а конечная продукция имеет заданные технические характеристики. При этом одним из основных условий осуществления взаимозаменяемости является точность деталей, узлов и комплектующих изделий по геометрическим параметрам, к которым относятся точность размеров или нормированные допуски, характер соединения деталей при сборке (посадка), точность формы и расположения поверхностей, шероховатость и волнистость поверхностей.

Совместимость является показателем пригодности продукции к совместимому, не вызывающему нежелательных взаимодействий использованию при заданных условиях, для выполнения установленных требований.

Для продвижения любого товара на рынок необходимо документально обеспечить подтверждение его пригодности для конкретных условий эксплуатации и соответствия определенным требованиям, конкретным стандартам или техническим условиям. Международный опыт свидетельствует о том, что необходимым инструментом, гарантирующим соответствие качества продукции требованиям нормативно-технической документации, является сертификация.

Сертификация продукции, работ, услуг заключается в подтверждении соответствия продукции установленным требованиям и напрямую связана с качеством. Система оценки и подтверждения соответствия является одним из механизмов контроля качества и безопасности продукции, работы и услуг и поэтому она должна гармонично сочетаться с другими формами контроля – государственным контролем и надзором.

Сегодня уже невозможно представить высокотехнологичную продукцию без сертификата качества. Станки, автомобили, городской электро- и автотранспорт, продукция судоремонтных и авиапредприятий проходят процедуру обязательной сертификации, гарантирующей качество и, как следствие, безопасность при эксплуатации продукции, от которой зависит жизнь и здоровье людей. Полный перечень продукции, подлежащей обязательному подтверждению соответствия установленным нормативно-технической документацией требованиям, регулируется государством и периодически изменяется и дополняется. Необходимо отметить, что для повышения конкурентоспособности товара многие предприятия и предприниматели проходят процедуру добровольной сертификации, гарантируя соответствие параметров своей продукции существующим стандартам.



Таким образом, метрология, стандартизация и взаимозаменяемость являются теми инструментами, использование которых позволяет производителю обеспечить качество выпускаемой продукции, работ и услуг, а также конкурентоспособность и эффективность производства, это в современных условиях крайне необходимо, поскольку, по всей вероятности, будут устойчиво развиваться только те предприятия и организации, которые в своей деятельности профессионально используют инструменты, обеспечивающие установленное качество в соответствии с запросами потребителей.

Усвоение изложенного материала поможет студентам получить представление о современных проблемах и методах стандартизации, метрологии и взаимозаменяемости, о нормативной и технической документации и рекомендациях в области технического регулирования и обеспечения единства измерений.

## Список используемой литературы

1. *Окрепилов В. В.* Управление качеством и конкурентоспособность: учебное пособие / В. В. Окрепилов. Санкт-Петербург: Изд-во С.-Петерб. гос. ун-та экономики и финансов, 1997. 260 с.
2. *Федюкин В. К.* Методы оценки и управления качеством промышленной продукции: учебник / В. К. Федюкин, В. Д. Дурнев, В. Г. Лебедев. Москва: Филин, 2000. 328 с.
3. *Боровников Г. Н.* Прогнозирование в управлении техническим уровнем и качеством продукции / Г. Н. Боровников, А. И. Клебанов. Москва: Изд-во стандартов, 1984. 232 с.
4. *Мишин В. М.* Управление качеством: учебник для студентов вузов, обучающихся по специальности «Менеджмент организации» / В. М. Мишин. 2-е изд. перераб. и доп. Москва: Юнити-Дана, 2005. 463 с.
5. *Мельников В. П.* Управление качеством: учебник / В. П. Мельников, В. П. Смоленцев, А. Г. Схиртладзе; под ред. В. П. Мельникова. Москва: Академия, 2009. 352 с.
6. ГОСТ 15.467–79. Управление качеством продукции. Основные понятия, термины и определения. Москва: Стандартинформ, 2009. 21 с.
7. *Новицкий Н. И.* Управление качеством продукции: учебное пособие / Н. И. Новицкий, В. Н. Олексюк. Минск: Новое знание, 2001. 238 с.
8. *Гиссин В. И.* Управление качеством продукции: учебное пособие / В. И. Гиссин. Ростов-на-Дону: Феникс, 2000. 256 с.
9. *Стандартизация и управление качеством продукции: учебник для вузов* / В. А. Швандар [и др.]; под ред. В. А. Швандара. Москва: Юнити-Дана, 1999. 487 с.
10. *Ребрин Ю. И.* Управление качеством: учебное пособие / Ю. И. Ребрин. Таганрог: Изд-во Таганрог. радиотехн. ун-та, 2004. 174 с.
11. *Чечеткина Н. М.* Управление качеством продукции и экспертиза: учебное пособие / Н. М. Чечеткина. Ростов-на-Дону: Изд-во Рост. гос. экон. академии, 1998. 140 с.
12. ГОСТ Р 15.201–2000. Продукция производственно-технического назначения. Порядок разработки и постановки продукции на производство. Москва: Стандартинформ, 2008. 15 с. (Система разработки и постановки продукции на производство.)

13. *Р 50–601–5–89*. Рекомендации. Формирование исходных требований к продукции. Москва: Издательство стандартов, 1990. 35 с. (Система разра-ботки и постановки продукции на производство.)

14. *ГОСТ Р ИСО 9004–2010*. Менеджмент для достижения устойчи-вого успеха организации. Подход на основе менеджмента качества. Моск-ва: Стандартиформ, 2011. 47 с.

15. *Баталов А. П.* Метрология, стандартизация, сертификация: учеб-ное пособие / А. П. Баталов, Ю. П. Бойцов, С. Л. Иванов. Санкт-Петербург: Изд-во С.-Петерб. гос. гор. ин-та, 2003. 65 с.

16. *Семенко Н. Г.* Метрология: учебное пособие / Н. Г. Семенко, С. Я. Па-леева, Е. В. Кононенко. Екатеринбург: Изд-во Урал. гос. технол. ун-та, 2010. 161 с.

17. *Лифиц И. М.* Стандартизация, метрология и сертификация: учеб-ник / И. М. Лифиц. Москва: Юрайт, 2007. 352 с.

18. *Крылова Д. Г.* Основы стандартизации, сертификации, метроло-гии: учебник для вузов / Д. Г. Крылова. Москва: Юнити-Дана, 2007. 672 с.

19. *ГОСТ 8.417–2002*. Единицы величин. Москва: Стандартиформ, 2010. 24 с. (Государственная система обеспечения единства измерений.)

20. *Славутский Л. А.* Основы регистрации данных и планирования экс-перимента: учебное пособие / Л. А. Славутский. Чебоксары: Изд-во Чуваш. гос. ун-та им. И. Н. Ульянова, 2006. 200 с.

21. *Конституция Российской Федерации*: официальный текст // Рос-сийская газета. 1993. 25 дек.

22. *Об обеспечении единства измерений [Электронный ресурс]*: фе-деральный закон от 26.06.2008 г. № 102-ФЗ (ред. от 28.07.2012 г.). Режим доступа: <http://base.consultant.ru>.

23. *Колчков В. И.* Метрология, стандартизация и сертификация: учеб-ник / В. И. Колчков. Москва: Владос, 2010. 400 с.

24. *Басовский Л. Е.* Управление качеством: учебник / Л. Е. Басовский, В. Б. Протасьев. Москва: ИНФРА, 2000. 212 с.

25. *Метрология, стандартизация и сертификация: учебник для студен-тов высших учебных заведений / А. И. Аристов [и др.].* 4-е изд. стер. Моск-ва: Академия, 2008. 384 с.

26. *ГОСТ 12069–90*. Меры длины штриховые брусковые. Техниче-ские условия. Москва: Изд-во стандартов, 1992. 14 с.

27. *ГОСТ 8.016–81*. Государственный первичный эталон и государственная поверочная схема для средств измерений плоского угла. Москва: Изд-во стандартов, 1984. 9 с. (Государственная система обеспечения единства измерений.)

28. *ГОСТ 8.057–80*. Эталоны единиц физических величин. Основные положения. Москва: Изд-во стандартов, 1985. 7 с. (Государственная система обеспечения единства измерений.)

29. *ГОСТ 8.381–2009*. Эталоны. Способы выражения точности. Москва: Стандартинформ, 2011. 25 с. (Государственная система обеспечения единства измерений.)

30. *ГОСТ 8.401–80*. Классы точности средств измерений. Общие требования. Москва: Стандартинформ, 2012. 17 с. (Государственная система обеспечения единства измерений.)

31. *ГОСТ 8.061–80*. Поверочные схемы. Содержание и построение. Москва: Стандартинформ, 2001. 7 с. (Государственная система обеспечения единства измерений.)

32. *ПР 50.2.006–94*. Порядок проведения поверки средств измерений. Москва: Стандартинформ, 2002. 11 с. (Государственная система обеспечения единства измерений.)

33. *ГОСТ 8.051–81*. Погрешности, допускаемые при измерении линейных размеров до 500 мм. Москва: Изд-во стандартов, 1986. 11 с. (Государственная система обеспечения единства измерений.)

34. *ГОСТ 8.401–80*. Классы точности средств измерений. Общие требования. Москва: Стандартинформ, 2010. 15 с. (Государственная система обеспечения единства измерений.)

35. *Демидова Н. В.* Метрология, стандартизация и сертификация: конспект лекций / Н. В. Демидова, В. А. Бисерова, А. С. Якорева. Москва: ЭКСМО, 2007. 38 с.

36. *РМГ 29–2013*. Рекомендации по межгосударственной стандартизации. Метрология. Основные термины и определения. Москва: Стандартинформ, 2003. 60 с. (Государственная система обеспечения единства измерений.)

37. *Бирюков С. В.* Метрология: тексты лекций / С. В. Бирюков, А. И. Чередов. Омск: Изд-во Омск. гос. техн. ун-та, 2000. 110 с.

38. *ГОСТ 16504–81*. Испытания и контроль качества продукции. Основные термины и определения. Москва: Стандартинформ, 2011. 24 с. (Система государственных испытаний продукции.)

39. *ГОСТ 8.563–2009*. Методики (методы) измерений. Москва: Стандартинформ, 2011. 20 с. (Государственная система обеспечения единства измерений.)

40. *ГОСТ 8.050–73*. Нормальные условия выполнения линейных и угловых измерений. Москва: Изд-во стандартов, 1988. 16 с. (Государственная система обеспечения единства измерений.)

41. *ГОСТ 8.395–80*. Нормальные условия измерений при поверке. Общие требования. Москва: Стандартинформ, 2008. 7 с. (Государственная система обеспечения единства измерений.)

42. *РД 50–98–86*. Методические указания. Выбор универсальных средств измерений линейных размеров до 500 мм. Москва: Изд-во стандартов, 1987. 84 с.

43. *Никифоров А. Д.* Взаимозаменяемость, стандартизация и технические измерения: учебное пособие / А. Д. Никифоров. Москва: Высшая школа, 2000. 510 с.

44. *Мокров Ю. В.* Метрология, стандартизация, сертификация: учебное пособие / Ю. В. Мокров; Междунар. ун-т природы, общества и человека. Дубна, 2007. 132 с.

45. *Руководство ISO/IEC 2*. Стандартизация и смежные виды деятельности. Общий словарь [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://sertvsk.ru/>.

46. *О техническом регулировании* [Электронный ресурс]: федеральный закон от 27.12.2002 г. № 184-ФЗ. Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/>.

47. *ТР ТС 010/2011*. О безопасности машин и оборудования [Электронный ресурс]: технический регламент. от 18.10.2011 г. № 823. Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/>.

48. *Перечень стандартов, в результате применения которых на добровольной основе обеспечивается соблюдение требований технического регламента Таможенного союза «О безопасности машин и оборудования» (ТР ТС 010/2011)* [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://gostinfo.ru/trts/list/8>.

49. *Ширялкин А. Ф.* Стандартизация и техническое регулирование в аспекте качества продукции: учебное пособие / А. Ф. Ширялкин. Ульяновск: Изд-во Ульян. гос. техн. ун-та, 2006. 196 с.

50. *Никифоров А. Д.* Метрология, стандартизация и сертификация: учебное пособие / А. Д. Никифоров, Т. А. Бакиев. 2-е изд. Москва: Высшая школа, 2003. 422 с.

51. *Лифиц И. М.* Стандартизация, метрология и подтверждение соответствия: учебник для вузов / И. М. Лифиц. 9-е изд., перераб. и доп. Москва: Юрайт: Высшее образование, 2009. 315 с.

52. *Яблонский О. П.* Основы стандартизации, метрологии, сертификации: учебник для вузов / О. П. Яблонский, В. А. Иванова. 2-е изд., перераб. и доп. Ростов-на-Дону: Феникс, 2010. 475 с.

53. *Забанных А. А.* Метрология, стандартизация и подтверждение соответствия: учебное пособие для вузов / А. А. Забанных. Екатеринбург: Изд-во Урал. ин-та гос. противопожар. службы М-ва чрезвычайных ситуаций России, 2007. 371 с.

54. *Научно-технический принцип стандартизации. Основы геометрической взаимозаменяемости в приборостроении: методические указания к курсовому и дипломному проектированию* / сост. В. Д. Горбоконенко, В. Е. Шишкина. Ульяновск: Изд-во Ульян. гос. техн. ун-та, 2004. 55 с.

55. *Титова Т. А.* Стандартизация в технике: учебное пособие / Т. А. Титова, О. А. Горленко, И. А. Стешкова. Брянск: Изд-во Брян. гос. техн. ун-та, 2003. 148 с.

56. *Гордеева М. К.* Стандартизация, метрология, сертификация: учебно-методический комплекс / М. К. Гордеева. Ульяновск: Изд-во Ульян. гос. техн. ун-та, 2003. 112 с.

57. *ГОСТ Р 51293–99.* Идентификация продукции. Общие положения. Москва: Изд-во стандартов, 2001. 4 с.

58. *ОК 021-95.* Общероссийский технологический классификатор деталей машиностроения и приборостроения [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://protect.gost.ru/document.aspx?control>.

59. *ГОСТ 8032–84.* Предпочтительные числа и ряды предпочтительных чисел. Москва: Изд-во стандартов, 1987. 17 с.

60. *Гугелев А. В.* Стандартизация, метрология и сертификация: конспект лекций / А. В. Гугелев. Москва: Высшее образование, 2007. 210 с.

61. *Постыка В. М.* О системности в стандартизации и системообразующих стандартах / В. М. Постыка, В. В. Филиппов // Стандарты и качество. 2009. № 9. С. 10–17.

62. *ГОСТ 2.001–2013.* Единая система конструкторской документации. Общие положения [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document1200106859>.

63. *ГОСТ 9.101–2002.* Единая система защиты от коррозии и старения. Основные положения. Минск: Изд-во стандартов, 2003. 4 с.

64. *ГОСТ Р 12.0.001–2013*. Система стандартов безопасности труда. Основные положения [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document1200105195>.

65. *ГОСТ Р 15.000–94*. Система разработки и постановки продукции на производство. Основные положения. Москва: Стандартинформ, 2007. 8 с.

66. *ГОСТ 17.0.0.01–76*. Система стандартов в области охраны природы и улучшения использования природных ресурсов. Основные положения. Москва: Изд-во стандартов, 2004. 5 с.

67. *ГОСТ 23.001–2004*. Обеспечение износостойкости изделий. Основные положения. Москва: Стандартинформ, 2005. 6 с.

68. *ГОСТ 25.001–78*. Расчеты и испытания на прочность в машиностроении. Комплекс нормативно-технологической и руководящей документации. Общие положения. Москва: Стандартинформ, 2005. 4 с.

69. *ГОСТ Р 27.001–2009*. Надежность в технике. Система управления надежностью. Основные положения [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/1200078693>.

70. *ГОСТ 1.0–92*. Межгосударственная система стандартизации. Основные положения. Москва: Изд-во стандартов, 2003. 8 с.

71. *ГОСТ 3.1001–2011*. Единая система технологической документации. Общие положения. Москва: Изд-во стандартов, 2003. 8 с.

72. *ГОСТ 3.1102–2011*. Единая система технологической документации. Стадии разработки и виды документов. Общие положения. Москва: Стандартинформ, 2011. 11 с.

73. *Национальные стандарты: ежегодный указатель: в 3 томах*. Москва: Стандартинформ, 2013. Т. 1–3. 1759 с.

74. *Официальный сайт Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии [Электронный ресурс]*. Режим доступа: <http://gost.ru/>.

75. *ГОСТ Р 1.2–2014*. Стандартизация в Российской Федерации. Стандарты национальные Российской Федерации. Правила разработки, утверждения, обновления и отмены [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/1200116222>.

76. *О федеральном информационном фонде технических регламентов и стандартов и единой информационной системе по техническому регулированию [Электронный ресурс]*: постановление Правительства РФ от 15.08.2003 г. № 500. Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/901871461>.

77. *Об опубликовании национальных стандартов и общероссийских классификаторов технико-экономической и социальной информации* [Электронный ресурс]: постановление Правительства РФ от 25.09.2003 г. № 594. Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/901875134>.

78. *Официальный сайт Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии* [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://gost.ru>.

79. *Официальный сайт Российского научно-технического центра информации по стандартизации, метрологии и оценке соответствия* [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.gost.info.ru>.

80. *Правила Системы сертификации ГОСТ Р. Формы основных документов, применяемых в Системе* [Электронный ресурс]: постановление Госстандарта РФ от 17.03.1998 г. № 12. Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/>.

81. *ГОСТ Р 53603–2009. Оценка соответствия. Схемы сертификации продукции в Российской Федерации* [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://vsegost.com/Catalog/49/49952.shtml>.

82. *О Госреестре объектов и участников системы сертификации ГОСТ Р* [Электронный ресурс]: приказ Госстандарта РФ от 30.04.1999 г. № 203 (ред. от 08.01.2002 № 2). Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/>.

83. *Правила по сертификации. Временный порядок ведения в Государственном реестре объектов и участников системы сертификации ГОСТ Р* [Электронный ресурс]: постановление Госстандарта РФ от 08.01.2002 г. № 2. Режим доступа: <http://www.rosproinsert.ru/>.

84. *Порядок принятия декларации о соответствии и ее регистрации* [Электронный ресурс]: постановление Правительства РФ от 7.07.1999 г. № 766. Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/>.

85. *Взаимозаменяемость, стандартизация и технические измерения* / А. И. Якушев [и др.]. Москва: Машиностроение, 1987. 352 с.

86. *ГОСТ 25346–89. Основные нормы взаимозаменяемости. Единая система допусков посадок. Общие положения, ряды допусков и основных отклонений*. Москва: Изд-во стандартов, 1990. 23 с.

87. *ГОСТ 8032–89. Предпочтительные числа и ряды предпочтительных чисел*. Москва: Изд-во стандартов, 1990. 15 с.

88. *ГОСТ 2.307–2011. ЕСКД. Нанесение размеров и предельных отклонений* [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/qost-2-307-2011-eskd>.



89. *ГОСТ 25347–82*. Основные нормы взаимозаменяемости. ЕСДП. Поля допусков и рекомендуемые посадки. Москва: Изд-во стандартов, 1983. 53 с.

90. *ГОСТ Р 53442–2009*. Основные нормы взаимозаменяемости. Характеристики изделий геометрические. Допуски формы, ориентации, месторасположения и биения. Москва: Изд-во стандартов, 2009. 108 с.

91. *ГОСТ 2.308–2011*. Указание допусков формы и расположения поверхностей [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/qost-2-308-2011-eskd>.

92. *ГОСТ 2789–79*. Шероховатость поверхности. Параметры, характеристики и обозначения. Москва: Изд-во стандартов, 1985. 12 с.

Учебное издание

*Гузанов Борис Николаевич  
Большакова Марина Юрьевна  
Соколова Татьяна Борисовна  
Мигачева Галина Николаевна*

## ОБЕСПЕЧЕНИЕ КАЧЕСТВА МАШИНОСТРОИТЕЛЬНОЙ ПРОДУКЦИИ

Учебное пособие

Редактор Е. В. Евстигнеева  
Компьютерная верстка О. Н. Казанцевой

Печатается по постановлению  
редакционно-издательского совета университета

Подписано в печать 15.01.16. Формат 60×84/16. Бумага для множ. аппаратов.  
Печать плоская. Усл. печ. л. 13,8. Уч.-изд. л. 14,0. Тираж 350 экз. Заказ № 313.  
Издательство Российского государственного профессионально-педагогического университета. Екатеринбург, ул. Машиностроителей, 11.

---

Отпечатано в ООО «ТРІКС»  
г. Верхняя Пышма, ул. Петрова, 49.  
[www.printvp.ru](http://www.printvp.ru)