

В. П. МЕЛЬНИКОВ, В. П. СМОЛЕНЦЕВ, А. Г. СХИРТЛАДЗЕ

# УПРАВЛЕНИЕ КАЧЕСТВОМ

**Учебник**

Под редакцией профессора В. П. МЕЛЬНИКОВА

*Допущено*

*Министерством образования Российской Федерации  
в качестве учебника для студентов образовательных учреждений  
среднего профессионального образования, обучающихся по специальностям  
«Технология машиностроения», «Вычислительные машины,  
комплексы, системы и сети»*

6-е издание, стереотипное



Москва

Издательский центр «Академия»

2011

УДК 621(075.32)  
ББК 65.2/4-80я723  
М482

**Рецензенты:**

зам. директора Института конструкторско-технологической информатики РАН,  
д-р техн. наук, проф. *В. Г. Митрофанов*;  
преподаватель Московского технического колледжа им. Дважды Героя  
Советского Союза летчика И. Ф. Павлова, канд. техн. наук *Д. Е. Искра*

**Мельников В. П.**

М482 Управление качеством : учебник для студ. учреждений сред.  
проф. образования / В. П. Мельников, В. П. Смоленцев,  
А. Г. Схиртладзе ; под ред. В. П. Мельникова. — 6-е изд., стер. —  
М. : Издательский центр «Академия», 2011. — 352 с.  
ISBN 978-5-7695-8212-7

Изложены современная концепция, задачи и практика управления качеством. Рассмотрены системный подход к обеспечению качества на производстве, нормативно-правовое и технологическое обеспечение процессов управления качеством, методы контроля качества продукции, методология оценок показателей качества и надежности, вопросы метрологии, стандартизации и сертификации. Приведены методики определения эффективности управления качеством и словарь терминов.

Учебник может быть использован при освоении профессионального модуля ПМ.03 «Участие во внедрении технологических процессов изготовления деталей машин и осуществление технического контроля (МДК.03.02)» по специальности 150901 «Технология машиностроения».

Для студентов учреждений среднего профессионального образования. Может быть полезен студентам вузов и специалистам предприятий, участвующим в организации и эксплуатации систем качества.

УДК 621(075.32)  
ББК 65.2/4-80я723

*Оригинал-макет данного издания является собственностью  
Издательского центра «Академия», и его воспроизведение любым способом  
без согласия правообладателя запрещается*

© Мельников В.П., Смоленцев В.П., Схиртладзе А.Г., 2005  
© Образовательно-издательский центр «Академия», 2009  
ISBN 978-5-7695-8212-7 © Оформление. Издательский центр «Академия», 2009

# ГЛАВА 1

## СИСТЕМА КАЧЕСТВА. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

### 1.1. СОВРЕМЕННОЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЕ ОБ УПРАВЛЕНИИ КАЧЕСТВОМ ПРОДУКЦИИ

Управление качеством — это методы и виды деятельности, используемые для выполнения требований к качеству, направленные как на контролирование процесса, так и на устранение причин неудовлетворительного функционирования подразделений предприятия. При этом оно является оперативным управлением деятельностью предприятия по качеству [9].

Общее руководство качеством (стратегическое управление качеством) продукции включает в себя:

- политику, цели и ответственность руководства организации в области качества;
- планирование и управление качеством;
- обеспечение качества и его совершенствование.

Обязанности по общему руководству качеством лежат на администрации всех уровней, а управлять им должно высшее руководство. Все остальные члены организации вовлекаются в общее руководство качеством.

Под обеспечением качества в рамках системной организации качества подразумевают выполнение функций *системы качества*.

Под системой качества подразумевают все планируемые и систематически осуществляемые виды деятельности, а также действия по предоставлению доказательств качества (если это требуется), необходимые для создания у потребителя достаточной уверенности в том, что поставщик будет выполнять требования к качеству. Обеспечение качества касается как внутренних, так и внешних целей по качеству.

Внутренние цели обеспечения качества создают уверенность у руководства в своей продукции, а внешние цели обеспечения качества — уверенность у потребителя или других лиц в качестве полученной продукции и услуг по ней.

В соответствии со стандартом ИСО 9001 на предприятии разрабатывается, документально оформляется и поддерживается в функциональном состоянии система качества [9]. Принципиальная схема построения и функционирования управления качеством на предприятии может быть представлена конусом управления качеством (рис. 1.1). В данной схеме можно выделить четыре уровня управления качеством со своими задачами, функциями и областями воздействия:

- общее руководство качеством;
- системное обеспечение качества;
- оперативное управление, осуществляющее управление качеством на двух нижних уровнях технологического обеспечения и управления процессами.

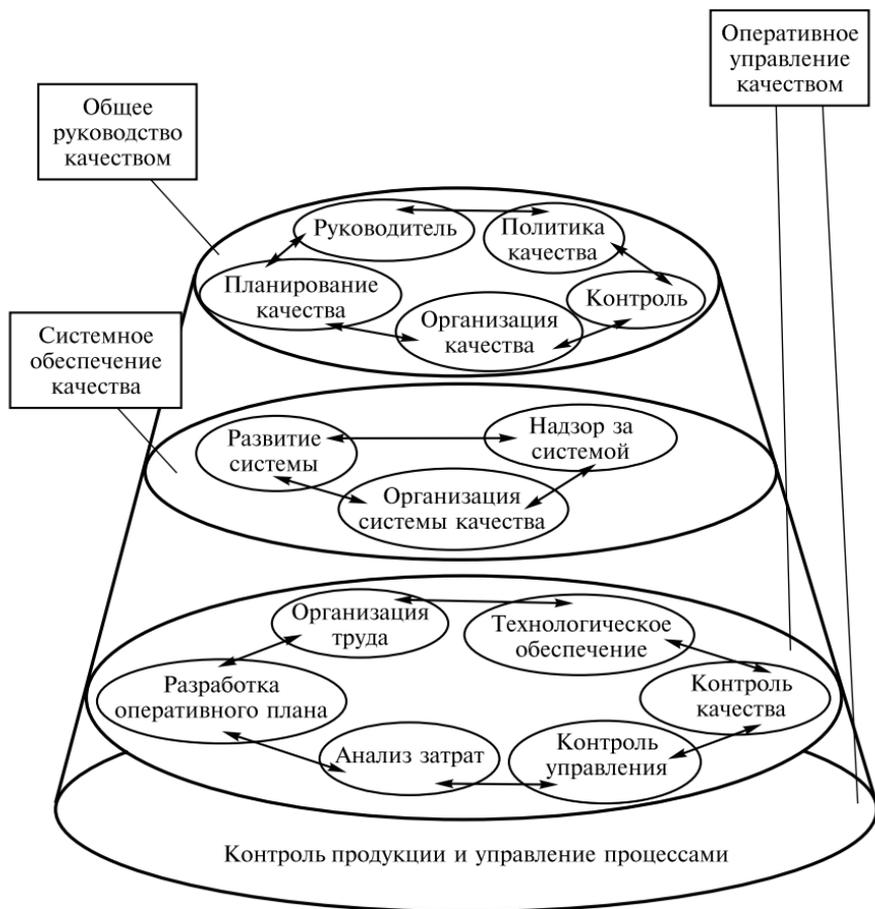


Рис. 1.1. Конус управления качеством на предприятии

В настоящее время в мире внедрение системного подхода к управлению качеством осуществляется в трех направлениях:

- через системы качества, основанные на требованиях стандартов ИСО серии 9000 [9];
- реализацией системы тотального управления качеством (TQM);
- через систему общего руководства предприятием.

Все формы взаимосвязаны, и значительная роль отводится активному использованию программно-целевых методов управления качеством.

В целом политика в области качества может быть сформулирована на основе следующих принципов.

*Принцип открытости на всех уровнях* — необходимое условие доверия. Он подразумевает одинаковый доступ к информации для всех без исключения изготовителей, органов государственной власти и потребителей, если эта информация относится к требованиям безопасности, стандартизации, методам испытаний или сертификации.

Принцип открытости должен также распространяться и на методы, с помощью которых осуществляются стандартизация, испытания и сертификация.

*Повышение конкурентоспособности* — этот базовый принцип подразумевает устранение недостатков и усиление преимуществ продукции. С этой точки зрения политика качества является одним из стратегических элементов подхода, который существует наряду с политикой, определяющей деятельность организации в области исследований, развития, обучения персонала и т.д.

Кроме того, политика в области качества направлена на стимулирование подходов, основанных на принципе *использования человеческого потенциала как ключевого фактора*, на гибкой интеграции различных национальных культур государств — членов сообщества. Одновременно эта политика призвана обеспечить улучшение производственного климата и взаимопонимания между руководителем и исполнителем путем формирования общих целей, направленных на улучшение стандартов и качества жизни.

Следующий принцип политики качества — это *развитие и укрепление элементов (институтов) инфраструктуры качества* и более тесное сотрудничество этих институтов и компаний, что делает деятельность последних более эффективной и приспособленной к новым требованиям рыночной экономики.

Пятый принцип базируется на реализации новой общей концепции качества. *Новый подход к качеству* — этот принцип означает формирование новой философии в стратегии управления фирмами, основанной на включении работников в процесс непрерывного улучшения всего производственного цикла и деятельности всех подразделений компании для удовлетворения запросов потребителей.

Политика качества в этом случае предусматривает достижение двух целей:

- разработать принципы взаимного признания законодательных положений и других нормативных документов стран — участниц сообщества, с тем чтобы обеспечить свободное движение товаров внутри Общего рынка;
- создать и обеспечить динамичное развитие внутри «культуры качества», внутри сообщества.

В процессе выполнения этих принципов (обеспечение соответствия продукции стандартам, поддержание доверия и охрана общественных интересов) важную роль играют независимые испытательные лаборатории и сертификационные органы.

## **1.2. НОРМАТИВНЫЕ АКТЫ И ДОКУМЕНТЫ ПО УПРАВЛЕНИЮ КАЧЕСТВОМ ПРОДУКЦИИ**

### **1.2.1. Международные нормативные акты на системы качества**

В зарубежной практике стандарты ИСО серии 9000 находят все большее применение при заключении контрактов между фирмами в качестве моделей для оценки системы обеспечения качества продукции у поставщика. При этом соответствие такой системы требованиям стандартов ИСО рассматривается как определенная гарантия того, что поставщик способен выполнить требования контракта и обеспечить стабильное качество продукции.

На основе опыта создания национальных стандартов на системы качества, принятых в передовых промышленных странах — Великобритании (BS 5750; CSA 290-85), США (ANSI/ASQS 0903; Mil-Q-9858 A) и других, ИСО/ТК 176 «Обеспечение качества» в марте 1987 г. приняла международные стандарты ИСО серии 9000 за базовые. В них сконцентрирован международный опыт по улучшению качества продукции. Во многих странах (Австрия, Германия, Финляндия, Франция, Великобритания, Швеция, Швейцария и др.) данные стандарты приняты в качестве национальных.

Комплекс межгосударственных стандартов ИСО серии 9000 по управлению качеством продукции состоит из шести стандартов, предназначенных для определенных целей и имеющих собственную область распространения и сферу действия. Принцип построения структуры стандартов данной серии заключается в органическом сочетании обязательности и рекомендательности применения элементов систем качества, нормируемых требований к моделям обеспечения качества и самостоятельности предприятий в выборе методологии внутреннего управления для обеспечения заданных требований.

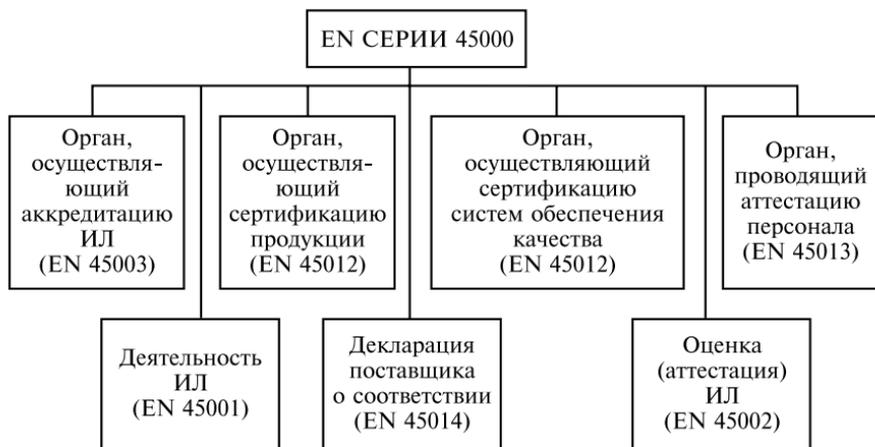


Рис. 1.2. Структура стандартов EN серии 45000:

ИЛ — испытательная лаборатория

Деятельность испытательных лабораторий, органов по сертификации продукции, систем качества и аттестации персонала, а также товаропроизводителей при заявлении о соответствии продукции в странах — членах Европейского экономического сообщества (ЕЭС) и в странах Европейской ассоциации свободной торговли регламентируется европейскими стандартами EN серии 45000. Стандарты разработаны СЕН/СЕНЭЛЕК\* и представляют собой организационно-методические документы, учитывающие опыт работы ИСО и МЭК в области сертификации и смежных видов деятельности. Структура стандартов EN серии 45000 приведена на рис. 1.2.

Общие критерии технической компетентности испытательных лабораторий (ИЛ), включая лаборатории по калибровке, определены стандартом EN 45001. Стандарт применяется органами по аккредитации лабораторий, а также другими органами, связанными с признанием компетентности таких лабораторий. Данный стандарт базируется на Руководствах ИСО/МЭК 2, 25, 38, 43, 45, 49 [8, 14, 15].

Первичными критериями, которым должна соответствовать ИЛ, являются ее юридический статус, беспристрастность, независимость и неприкосновенность, а также техническая компетентность.

Таким образом, принятые в ЕЭС стандарты серии EN 45000 определили кодекс правил к субъектам, осуществляющим серти-

\* Членами СЕН/СЕНЭЛЕК являются национальные организации по стандартизации и национальные электротехнические комитеты Австрии, Бельгии, Великобритании, Германии, Греции, Дании, Ирландии, Исландии, Испании, Италии, Люксембурга, Нидерландов, Норвегии, Португалии, Финляндии, Франции, Швейцарии, Швеции.

фикацию продукции, сертификацию систем качества и аттестацию персонала, установили требования к аккредитации испытательных лабораторий, создали основу для межгосударственного (регионального) проведения работ и их взаимного признания. В соответствии с условиями Внутреннего регламента для стран — членов СЕН/СЕНЭЛЕК данные стандарты после их утверждения приобрели в этих странах статус национальных без внесения в них каких-либо изменений.

### **1.2.2. Российские нормативные акты**

Правовые основы защиты интересов потребителя и государства формируются и реализуются средствами стандартизации, метрологии и сертификации.

Правовое регулирование отношений в области защиты прав потребителей имеет в виду прежде всего регулирование отношений, возникающих между потребителями и изготовителями, исполнителями, продавцами при продаже товаров (работ, услуг). Приоритетным правом, как это предусмотрено законом, является право потребителя на приобретение товаров надлежащего качества, безопасных для его жизни и здоровья, получение информации о товарах и их изготовителях, государственную и общественную защиту интересов потребителей.

В 1992 г. был принят Закон Российской Федерации «О защите прав потребителей». В условиях формирования рыночных отношений, развития предпринимательства, нарастания общественных движений и объединений данный законодательный акт создал основы регулирования отношений в области защиты прав потребителей, дополнив Гражданский кодекс Российской Федерации. В декабре 1995 г. в него были внесены изменения. Одновременно были внесены изменения и в Кодекс Российской Федерации об административных правонарушениях.

Понятие «стандарт» предполагает не только государственный стандарт Российской Федерации (ГОСТ Р) или межгосударственный стандарт, действующий на территории Российской Федерации (ГОСТ), но и санитарные нормы и правила, строительные нормы и правила и другие документы, устанавливающие обязательные требования к качеству товаров работ (услуг), а также безопасности товаров работ (услуг). Данное понятие подразумевает безопасность этих объектов для жизни, здоровья и имущества потребителя и окружающей среды. При этом условия использования, хранения, транспортирования и утилизации товара, а также безопасность процесса выполнения работы (оказания услуги) должны быть «обычными».

Координация деятельности федеральных органов исполнительной власти, осуществляющих контроль за качеством и безопасно-

стью товаров (работ, услуг), а также организация и проведение работ по их обязательной сертификации возложены на Госстандарт России.

Введение в 1993 г. Закона Российской Федерации «О стандартизации» предусматривает установление норм, требующих государственного регулирования на территории России, единого механизма реализации государственной политики Российской Федерации по вопросам стандартизации, определение компетенции органов государственного управления, а также прав и обязанностей в области стандартизации предприятий, граждан, занимающихся предпринимательской деятельностью. При его разработке использованы опыт и практика применения отечественной стандартизации, законодательства ряда промышленно развитых государств (Германия, США, Япония, Франция, Великобритания, Италия и др.), директивы и другие документы Международной организации по стандартизации (ИСО) [15].

Понятие «стандартизация», приведенное в данном законе, гармонизировано с соответствующими понятиями Руководства ИСО/МЭК 2.

К нормативным документам по стандартизации, действующим на территории России, относятся:

- государственные стандарты Российской Федерации (ГОСТ Р);
- межгосударственные стандарты стран — членов СНГ (ГОСТ);
- международные или региональные стандарты, правила, нормы и рекомендации по стандартизации;
- общероссийские классификаторы технико-экономической информации;
- стандарты отраслей;
- стандарты предприятий;
- стандарты научно-технических, инженерных обществ и других общественных организаций.

Правовые основы обеспечения единства измерений в России, регулирование отношений органов государственного управления с юридическими и физическими лицами по вопросам изготовления, выпуска, эксплуатации, ремонта, продажи и импорта средств измерений определяет Закон Российской Федерации «Об обеспечении единства измерений» [12].

К компетенции Госстандарта России, осуществляющего государственное управление деятельностью по обеспечению единства измерений в Российской Федерации, относится:

- межрегиональная и межотраслевая координация деятельности по обеспечению единства измерений в России;
- представление Правительству Российской Федерации предложений по единицам допускаемых к применению величин;
- установление правил создания, утверждения, хранения и применения эталонов единиц;

- определение общих метрологических требований к средствам, методам и результатам измерений;
- осуществление метрологического надзора и контроля;
- осуществление контроля за соблюдением условий международных договоров России о признании результатов испытаний и поверки средств измерений;
- руководство деятельностью Государственной метрологической службы и иных государственных служб обеспечения единства измерений;
- участие в деятельности международных организаций по вопросам обеспечения единства измерений.

Госстандарт России утверждает нормативные документы по обеспечению единства измерений, устанавливающие метрологические правила и нормы и имеющие обязательную силу на территории России.

Различают государственный метрологический контроль и государственный метрологический надзор. Метрологический контроль — это утверждение типа измерений, поверка средств измерений, лицензирование деятельности по изготовлению, ремонту, продаже и прокату средств измерений. Метрологический надзор осуществляется: за выпуском, состоянием и применением средств измерений; аттестованными методиками выполнения измерений; эталонами единиц величин; соблюдением метрологических норм и правил; числом товаров, отчуждаемых при совершении торговых операций; числом фасованных товаров в упаковках любого вида при их расфасовке и продаже.

Принятие в 1993 г. Закона Российской Федерации «О сертификации продукции и услуг» создало правовую основу регулирования безопасности и качества продукции и услуг через обязательную и добровольную сертификацию. Сертификация как деятельность по подтверждению соответствия продукции, работ и услуг осуществляется в целях:

- создания условий для деятельности хозяйствующих субъектов различных форм собственности на едином товарном рынке России, а также для участия в международном экономическом, научно-техническом сотрудничестве и международной торговле;
- содействия потребителям в компетентном выборе продукции;
- защиты потребителя от недобросовестности изготовителя (продавца, исполнителя);
- контроля безопасности продукции для окружающей среды, жизни, здоровья и имущества граждан России и других потребителей;
- подтверждения показателей качества продукции, заявленной изготовителем.

Подробно методология и технологии сертификации будут рассмотрены в гл. 8.

### 1.3. МЕТОДЫ КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА ПРОДУКЦИИ И ИХ КЛАССИФИКАЦИЯ

На всех этапах создания продукции, а также при ее эксплуатации необходимым элементом управления качеством является контроль. Контроль необходим не только для достоверной оценки результатов деятельности предприятий и его подразделений, но и служит основным информативным источником, используемым для принятия решений о необходимости и степени корректировки системы управления качеством продукции.

Сущность всякого контроля можно свести к получению информации о фактическом состоянии некоторого объекта, его признаках и показателях (первичная информация); сопоставлению первичной информации с ранее установленными требованиями и нормами, т.е. определение соответствия или несоответствия фактических данных ожидаемым (вторичная информация) [13].

Все методы контроля качества продукции можно классифицировать по следующим признакам (рис. 1.3):

- назначению;
- подчиненности;
- положению в производственном процессе;
- параметрам и показателям качества;
- объективности проверки и т.д.

При этом традиционно выделяют две группы методов контроля: технический контроль и статистические методы.

#### 1.3.1. Технический контроль качества

Технический контроль заключается в проверке соответствия продукции или процесса, от которого зависит качество продукции, установленным техническим требованиям. При этом виды технического контроля могут быть следующими.

<i>Признаки контроля</i>	<i>Вид контроля</i>
Объект контроля	Контроль качества продукции Контроль технологического процесса
Стадии создания и существования продукции	Контроль проектирования Производственный контроль Эксплуатационный контроль
Этапы процесса контроля	Входной контроль Операционный контроль Приемочный контроль
Полнота охвата контролем	Сплошной контроль Выборочный контроль

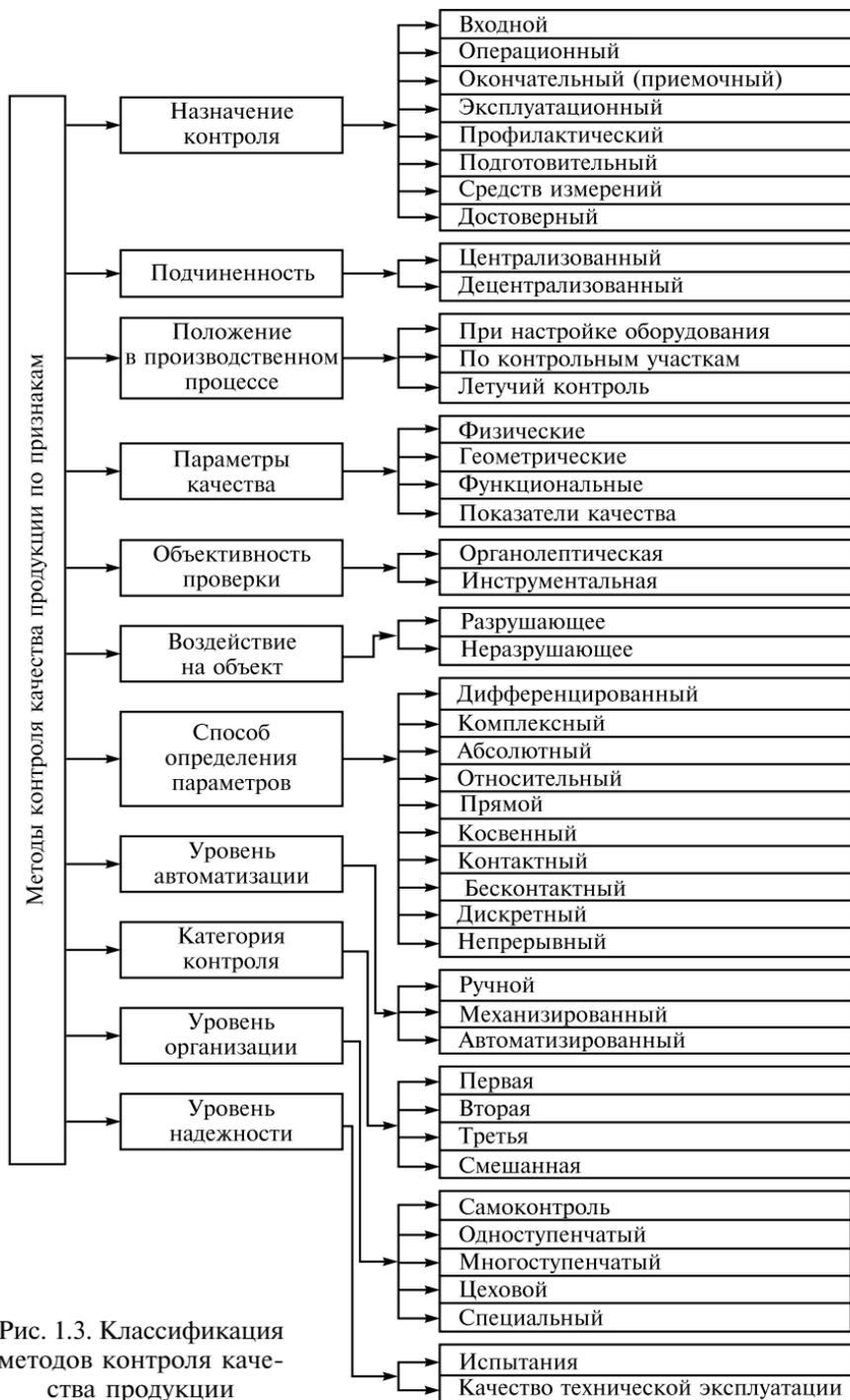


Рис. 1.3. Классификация методов контроля качества продукции

Связь с объектом контроля	Летучий контроль Непрерывный контроль Периодический контроль
Влияние на возможность последующего использования	Разрушающий контроль Неразрушающий контроль
Степень использования средств	Измерительный контроль Регистрационный контроль Контроль по контрольному образцу Органолептический контроль Визуальный контроль Технический контроль
Проверка эффективности контроля	Инспекционный контроль
Исполнитель контроля	Ведомственный контроль Государственный контроль

*Контролем качества продукции* принято называть проверку соответствия показателей качества продукции установленным требованиям, которые зафиксированы в стандартах, чертежах, технических условиях и других документах. При контроле качества продукции объектом контроля является перерабатываемая, изготавливаемая, выпускаемая и эксплуатируемая продукция. На качество проверяют соответствующие ее параметры.

*Контроль технологического процесса* заключается в контроле режимов, характеристик, параметров технологического процесса и по сути является частным случаем производственного контроля.

*Контроль проектирования* — это контроль конструкторской и технологической документации с целью определения соответствия разрабатываемой продукции техническому заданию и необходимому техническому уровню и качеству. Контроль проектирования включает в себя также проверку внедрения и соблюдения стандартов, соответствие разрабатываемой продукции требованиям безопасности и санитарно-гигиеническим нормам, возможности сокращения номенклатуры и типоразмеров составных частей, а также дальнейшую унификацию и уменьшение числа применяемых марок и сортов материалов, правильность оформления конструкторской документации. Такая проверка осуществляется службами нормоконтроля. Нормоконтроль является завершающей стадией разработки конструкторской документации. Одновременно осуществляется технологический контроль, при котором должны быть учтены условия предприятия-изготовителя.

*Производственный контроль* — контроль качества, осуществляемый при изготовлении продукции службой технического контроля; заключается в контроле производственного процесса и его результатов. Производственный контроль охватывает вспомогательные, подготовительные и технологические операции и должен быть

организован таким образом, чтобы снизить брак в производстве, уменьшив объем доработок, потерь и отходов. При использовании рациональных методов контроля качество продукции должно улучшиться, а стоимость контроля снизиться.

Система контроля качества разрабатывается с таким расчетом, чтобы регулировать все отклонения технологического процесса, связанные с материалами, оборудованием, обслуживанием и условиями производства, которые влияют на качество продукции.

Каждому этапу технологического процесса должна соответствовать та или иная форма организации технического контроля.

*Эксплуатационный контроль* осуществляется, как правило, в условиях эксплуатации после сдачи продукции потребителю. Как бы тщательно ни проводился контроль продукции в производственных условиях, практически невозможно учесть и воспроизвести все многообразие внешних воздействий, условий и режимов работы, встречающихся в реальных эксплуатационных условиях. Поэтому эксплуатационный контроль, проводимый путем наблюдения и сбора информации о надежности и других свойствах продукции, позволяет определить наиболее слабые места продукции, выявить основные виды разрушений и причины их возникновения, получить фактические данные о показателях надежности, в частности ремонтпригодности.

*Входной контроль* заключается в контроле продукции поставщика, поступающей к потребителю (заказчику) и предназначенной для использования при изготовлении, ремонте и эксплуатации продукции. Он осуществляется при контроле материалов, полуфабрикатов и комплектующих изделий, поступающих на предприятие. Правильная организация входного контроля позволяет избежать выпуска дефектной продукции по причине использования недоброкачественного сырья, материалов и полуфабрикатов.

*Операционный контроль* состоит в контроле продукции или процесса во время выполнения или после завершения определенной операции. Он проводится на основе предварительно разработанной схемы с указанием технологических операций, во время или после которых следует операция технического контроля.

На промышленных предприятиях операционный контроль предусматривается:

- при передаче изделий с одного участка на другой, из цеха в цех и т. д.;
- после технологических операций, возврат к которым для устранения несвоевременно обнаруженных дефектов связан с большими потерями и сложностью или практически неосуществим (операции, предшествующие нанесению гальванопокрытий, сборке и др.);

- после технологических операций, на которых наиболее вероятно появление брака;
- после операций, которые оказывают существенное влияние на качество продукции, особенно, если дефекты могут быть причиной аварии.

*Приемочный контроль* — это контроль готовой продукции, по результатам которого принимается решение о ее пригодности к поставке и использованию. Он является важным заключительным этапом всего процесса изготовления продукции.

В зависимости от полноты охвата контролем готовой продукции различают сплошной или выборочный контроль.

*Сплошной контроль* — контроль, при котором решение о качестве продукции принимается по результатам проверки каждой единицы продукции. Такой контроль должен исключить возможность попадания к потребителю дефектной продукции. Сплошной контроль необходим, если дальнейшее использование недоброкачественных изделий приводит к большим убыткам или авариям. Однако сплошной контроль невозможен, если в процессе проверки изделие разрушается (например, при контроле показателей надежности изделий). Тогда достаточно в производстве применить *выборочный контроль*, при котором решение о качестве контролируемой продукции принимается по результатам проверки одной или нескольких выборок из партии.

Эффективный выборочный контроль можно организовать только на основании методов математической статистики, принимая во внимание как статистическую, так и практическую (технико-экономическую) стороны, поскольку его применение не всегда можно считать целесообразным.

*Летучий контроль* является разновидностью предупредительного контроля, в ходе которого контролер или контрольный мастер Бюро технического контроля (БТК) периодически обходит закрепленные за ним рабочие места. При этом осуществляется выборочный контроль качества изготовленных рабочими деталей и проверяется соблюдение технологических процессов и дисциплины.

*Разрушающий контроль* применяют для получения показателей качества материалов (образцов и заготовок), деталей, узлов и машин в целом. Например, оценка механических свойств материалов проводится путем растяжения и сжатия, изгиба и кручения, воздействием коррозионной среды и др. Разрушающими методами контроля пользуются при определении показателей надежности изделий (наработка на отказ и др.). После проведения разрушающего контроля изделия становятся непригодными для дальнейшего использования по назначению.

*Неразрушающий контроль* осуществляется такими методами, которые не оказывают влияния на работоспособность изделия. По-

этому после проведения неразрушающего контроля изделие остается полностью пригодным к эксплуатации.

По степени использования измерительных средств и средств вычислительной и организационной техники выделяют *измерительный контроль*, характеризующийся процессами измерения параметров качества изделия на всех стадиях его жизненного цикла.

В тех случаях, когда нет необходимости в получении точных значений параметров качества продукции, а требуется провести ее идентификацию и количественную оценку (объем продукции, ее количество, вид, форма и т.д.), применяют *регистрационный контроль*. Эта форма контроля наиболее эффективно используется при контроле документации в управлении производством.

*Контроль по контрольному образцу* требует, как правило, эталонирования продукции и использует сравнительный метод контроля изделия с эталонным (контрольным) образцом.

*Органолептический контроль* подразумевает выявление и оценку свойств изделия с помощью органов чувств человека: обоняния, осязания, зрения и очень тесно связан с *визуальным контролем* — контролем внешнего вида изделия, и, как правило, они применяются совместно.

*Технический контроль* предусматривает применение технических ручных, механизированных и автоматизированных средств в контрольных процедурах.

*Инспекционный контроль* осуществляется специально уполномоченными представителями с целью проверки эффективности ранее выполненного контроля. Инспекционный контроль не всегда сводится к повторению в том или ином объеме ранее выполненного контроля. Эффективность ранее проведенного контроля может, например, оцениваться проверкой правил выполнения контроля.

Основными факторами, определяющими выбор средств контроля, являются вид параметра, точность изготовления, величина партии, форма и размеры контролируемых деталей и экономическая эффективность применения средств контроля.

Активный контроль в автоматизированных решениях применяют, как правило, во время выполнения технологических операций или во всем процессе. При этом методы контроля деталей делят на прямые и косвенные.

При прямом методе, например, контролируют непосредственно размер обрабатываемой детали. Устройства для прямого метода обеспечивают более высокую точность контроля, так как имеется возможность устранить многие составляющие погрешности контроля.

При косвенном методе контроля определяют параметры, косвенно связанные с основным параметром детали, например положение обрабатываемой поверхности относительно контрольной

базы или величину перемещения суппорта станка, несущего режущий инструмент. Преимуществом косвенного метода является размещение контрольного устройства вне рабочей зоны станка и более простая конфигурация измерительной схемы, а также возможность использовать стандартизованные или типовые отсчетные устройства.

### 1.3.2. Статистические методы контроля. Основные понятия математической статистики

*Испытание* — понятие теории вероятностей, может иметь один (и только один) из  $n$  исходов. Каждый исход испытания рассматривается как случайное событие, имеющее определенную вероятность. Например, испытанием будет контроль годности изделий проходными и непроходными калибрами, определения величины размера изделия, обработанного на станке. Явления, получающиеся в результате испытания, называются *событиями* (например, появление бракованного изделия при контроле калибрами, получение определенного размера изделия при его измерении). В теории вероятностей обычно рассматриваются массовые испытания, т. е. испытания, происходящие при неизменных основных условиях неоднократно [2].

События можно подразделить следующим образом.

1. Событие называют *достоверным*, если в результате данного испытания оно обязательно произойдет (например, появление бракованного экземпляра в партии забракованных изделий будет достоверным событием).

2. Событие называют *невозможным*, если в результате данного испытания оно произойти не может (например, появление годного экземпляра в партии негодных изделий будет невозможным событием).

3. Событие называют *случайным* (или *возможным*), если в результате данного испытания оно может произойти, но может и не произойти (например, появление бракованного экземпляра в партии изготовленных изделий при неустановившемся или неизученном технологическом процессе является случайным (или возможным) событием).

4. Два события называют *несовместными*, если при испытании появление одного из них исключает возможность появления другого (например, проходимость проходной и непроходной сторон калибра при контроле годной детали есть события несовместные).

5. Два события называют *совместными*, если при испытании появление одного из них не исключает возможность появления другого (например, проходимость проходной и непроходной сторон калибра при контроле бракованной детали есть события совместные).

6. События называют *единственно возможными*, когда при испытании произойдет хотя бы одно из этих событий (например, при контроле изделий калибрами единственно возможным событием будет появление или непоявление бракованного изделия; для годных изделий единственно возможными событиями являются проходимость через проходной калибр и непроходимость через непроходной калибр).

7. Если при испытании могут появиться несколько возможных событий, и при этом нет основания предполагать, что появление одних возможное других, то такие события называют *равновозможными*. Например, партия изделий содержит 10 пронумерованных бракованных изделий. При выборке из всей партии продукции 10 бракованных изделий нет основания предполагать, что появление того или другого номера бракованного изделия возможное другого. Появление бракованного изделия с тем или другим номером в данном случае — событие равновозможное.

Вероятностью события называется отношение числа случаев, благоприятствующих наступлению данного события, ко всему числу несовместных, единственно возможных и равновозможных событий:

$$P(A) = \frac{m}{N},$$

где  $P(A)$  — вероятность события  $A$ ;  $m$  — число случаев, благоприятствующих наступлению события;  $N$  — число несовместных, единственно возможных и равновозможных событий.

Например, пусть задан допуск на диаметр  $(-0,1; +0,1)$ . Изделия, выходящие за верхнюю и нижнюю границы допуска, считаются бракованными, а лежащие внутри поля допуска — годными. Положим, что партия, состоящая из  $N = 1000$  изделий содержит  $m_1 = 15$  изделий, выходящих за верхнюю границу допуска, и  $m_2 = 18$  изделий, выходящих за нижнюю границу допуска. В этом случае вероятность появления в партии бракованного изделия при испытании будет равна

$$P(A) = \frac{m_1 + m_2}{N} = \frac{m}{N} = \frac{15 + 18}{1000} = 0,033.$$

Если  $m = N$ , то  $P(A) = \frac{m}{N} = 1$  — событие  $A$  достоверно, если  $m = 0$ , то  $P(A) = 0$  — событие невозможно.

*Случайной величиной* называют величину, которая в результате опыта может принимать различные значения. Например, извлечение из партии бракованного изделия есть случайная величина, которая может принимать положительное значение («+») при появ-

лении бракованного изделия и отрицательное значение («-») — при его отсутствии. Величина размера обработанного на станке годного изделия есть также случайная величина, которая может принимать любое значение в пределах заданного поля допуска. Случайные величины обычно обозначают прописными буквами, например  $X$ . Значения случайной величины, которые она принимает в результате опыта, обозначают строчными буквами  $x_1, x_2, \dots, x_n$ . При массовых испытаниях каждое из возможных значений случайной величины  $x_1, x_2, \dots, x_n$  может встретиться  $m_1, m_2, \dots, m_n$  раз. Эти числа называют частотами. Если всего было проведено  $N$  испытаний, т.е.  $\sum_{i=1}^n m_i = N$ , то отношение  $\frac{m_i}{N}$  называют *частотью*, или *относительной частотой*.

Совокупность, содержащая все исследуемые изделия, называется *генеральной совокупностью*. Выбранные из генеральной совокупности  $N$  изделий образуют *выборку объема  $N$* .

*Дискретными* случайными величинами называют такие, которые могут принимать лишь определенные значения, например 0, 1; 0, 2; 0, 3 и т.д.

*Непрерывными* случайными величинами называют такие, которые в некотором интервале могут принимать любые значения.

Число бракованных изделий в различных выборках из генеральной совокупности есть дискретная случайная величина, а размер этих изделий — непрерывная случайная величина.

Дискретная случайная величина задана, если имеется вероятность каждого ее значения (табл. 1.1).

Всякую непрерывную случайную величину можно задать в виде дискретной, если все возможные ее значения разбить на интервалы и задать вероятности появления этих интервалов.

Определим понятия плотности и интегральной функции распределения случайных величин.

Если  $X$  — случайная величина, а  $x$  — некоторое ее значение, то вероятность того, что  $X < x$  равна

$$F(x) = P(X < x), \quad (1.1)$$

где  $F(x)$  — некоторая функция, называемая *интегральной функцией* распределения (рис. 1.4).

На рис. 1.4  $F(x)$  — ордината кривой в некоторой точке  $x$  при любом  $x_0 \leq F(x) \leq 1$ .

Таблица 1.1

**Таблица вероятности значения дискретной случайной величины**

$x$	$x_1$	$x_2$	$x_3$	...	$x_n$
$P(X = x_i)$	$P(x_1)$	$P(x_2)$	$P(x_3)$	...	$P(x_n)$

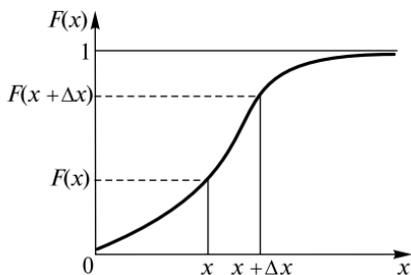


Рис. 1.4. Интегральная функция распределения:

$F(x)$  — ордината кривой;  $x$  — некоторое значение случайной величины;  $\Delta x$  — приращение  $x$

*Плотность вероятности*  $\varphi(x)$  есть предел отношения вероятности того, что случайная величина  $X$  примет значение, лежащее между  $x$  и  $x + \Delta x$ , к величине интервала  $\Delta x$  при  $\Delta x > 0$ , т. е.

$$\varphi(x) = \lim_{\Delta x \rightarrow 0} \frac{P(x \leq X \leq x + \Delta x)}{\Delta x}. \quad (1.2)$$

Функцию  $\varphi(x)$  называют также *дифференциальным законом распределения*.

Функции  $\varphi(x)$  и  $F(x)$  связаны соотношением

$$F(x) = P(X < x) = P(-\infty < X < x) = \int_{-\infty}^x \varphi(x) dx. \quad (1.3)$$

Будем считать, что случайная величина задана теоретическим законом, если заданы ее интегральный закон или ее плотность вероятности.

Случайная величина задана эмпирическим законом распределения, если для каждого значения случайной величины известна частота встречаемости или частость, полученная из  $N$  опытов (табл. 1.2).

$$\text{При } N \rightarrow \infty \quad \frac{m_i}{N} \rightarrow P(x_i).$$

В пределе частоты стремятся к вероятностям соответствующих значений случайной величины. Всякое теоретическое распределение характеризуется величиной своих основных параметров: *математическим ожиданием*  $MX$  (центром группирования) и *дисперсией*  $DX$  (величиной рассеяния). Для дискретной случайной величины (см. табл. 1.1)

$$MX = \sum_{i=1}^n x_i P(x_i); \quad (1.4)$$

$$DX = \sum_{i=1}^n P(x_i)(x_i - MX)^2. \quad (1.5)$$

**Частоты встречаемости и частость из  $N$  опытов**

Значение случайной величины	Частота встречаемости	Частость
$x_1$	$m_1$	$\frac{m_1}{N}$
$x_2$	$m_2$	$\frac{m_2}{N}$
$x_3$	$m_3$	$\frac{m_3}{N}$
$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$
$x_n$	$m_n$	$\frac{m_n}{N}$

Для непрерывной случайной величины, заданной своей плотностью вероятности  $\varphi(x)$  (рис. 1.5), математическое ожидание и дисперсию можно определить как

$$MX = \int_a^b x\varphi(x)dx; \quad (1.6)$$

$$DX = \int_a^b x^2\varphi(x)dx - (MX)^2 \quad (1.7)$$

или

$$MX = \int_{-\infty}^{\infty} x\varphi(x)dx; \quad (1.8)$$

$$DX = \int_{-\infty}^{\infty} x^2\varphi(x)dx - (MX)^2. \quad (1.9)$$

Формулы (1.6), (1.7) применяются для тех случаев, когда случайная величина принимает значения от  $a$  до  $b$ ; формулы (1.8), (1.9) — когда  $x$  изменяется от  $-\infty$  до  $+\infty$ .

Величина  $\sqrt{DX}$  называется *средним квадратическим отклонением*.

Эмпирическое распределение характеризуется средним значением  $\bar{x}$ , равным

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i m_i}{\sum_{i=1}^n m_i} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i m_i}{N}; \quad (1.10)$$

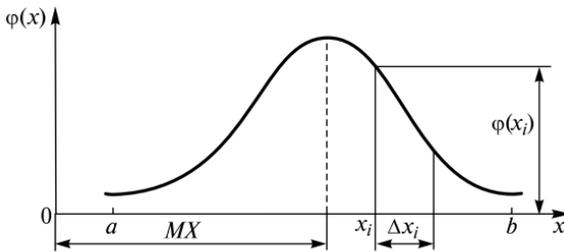


Рис. 1.5. Плотность вероятности  $\varphi(x)$  непрерывной случайной величины:  $MX$  — математическое ожидание;  $a$  и  $b$  — наименьшее и наибольшее значения случайной величины;  $x_i$ ;  $\Delta x_i$  — приращение  $x_i$

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{N}. \quad (1.11)$$

Среднее значение характеризует центр группирования значений случайной величины. При достаточно большом  $N$  ( $N \rightarrow \infty$ ) выборочное значение  $\bar{x}$  стремится по величине к математическому ожиданию, т.е.  $\bar{x}_1 = MX$ .

Величина рассеяния выборочных значений вокруг их среднего значения характеризуется эмпирической дисперсией

$$S^2 = \frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^n m_i (x_i - \bar{x})^2. \quad (1.12)$$

Для  $N > 25$  вместо формулы (1.12) используем формулу

$$S^2 = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^n m_i (x_i - \bar{x})^2 = a_2 - \bar{x}^2, \quad (1.13)$$

где  $a_2 = \frac{\sum_{i=1}^n x_i^2 m_i}{N}$ .

При  $N \rightarrow \infty$   $S^2 = DX$ .

Величина  $\sqrt{S^2} = S$  называется эмпирическим средним квадратическим отклонением.

Кроме среднего значения и дисперсии кривые распределения характеризуются также асимметрией  $A$  и эксцессом  $E$ :

$$A = \frac{\sum_{i=1}^n m_i (x_i - \bar{x})^3}{S^3}; \quad E = \frac{\sum_{i=1}^n m_i (x_i - \bar{x})^4}{S^4} - 3. \quad (1.14)$$

Если  $A = 0$ , то кривая симметрична. Если  $A > 0$ , кривая имеет положительную асимметрию, а если  $A < 0$  — отрицательную (рис. 1.6).

Эксцесс характеризует крутизну кривой. В качестве кривой с нулевым эксцессом принята кривая нормального распределения, имеющая плотность вероятности

$$\varphi(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma}} e^{-\frac{(x-a)^2}{2\sigma^2}}, \quad (1.15)$$

где  $a = MX$  — математическое ожидание;  $\sigma^2$  — дисперсия.

Если  $E > 0$ , то говорят, что имеется положительный эксцесс, т. е. вершина кривой находится выше кривой нормального распределения. Если  $E < 0$ , имеется отрицательный эксцесс, и вершина кривой находится ниже вершины кривой нормального распределения (рис. 1.7).

Во многих технических приложениях функции распределения характеризуются коэффициентом относительного рассеяния  $K$ , коэффициентом относительной асимметрии  $a$  и величиной практически предельного поля рассеяния.

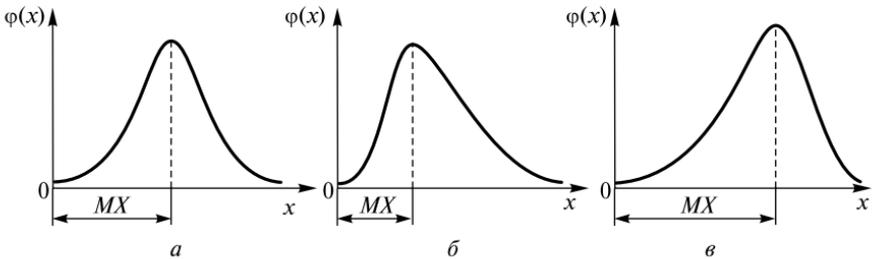


Рис. 1.6. Кривые распределения:

$a$  —  $A = 0$ ;  $б$  —  $A > 0$ ;  $в$  —  $A < 0$ ;  $A$  — асимметрия процесса распределения;  $\varphi(x)$  — плотность вероятности;  $MX$  — математическое ожидание

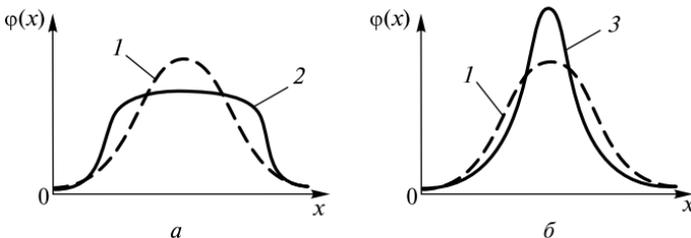


Рис. 1.7. Отрицательный и положительный эксцессы ( $E$ ):

$a$  —  $E < 0$ ;  $б$  —  $E > 0$ ; 1 — кривая нормального распределения; 2 — кривая распределения с отрицательным эксцессом; 3 — кривая распределения с положительным эксцессом;  $\varphi(x)$  — плотность вероятности