

Министерство образования и науки Российской Федерации  
Федеральное агентство по образованию  
Южно-Уральский государственный университет  
Кафедра «Технология строительного производства»

69.05(07)  
Б18

А.Х. Байбурин

## **КОНТРОЛЬ И ОЦЕНКА КАЧЕСТВА В СТРОИТЕЛЬСТВЕ**

Учебное пособие

Челябинск  
Издательство ЮУрГУ  
2004

УДК 69.056:658.562(075.8)

Байбурин А.Х. Контроль и оценка качества в строительстве: Учебное пособие. — Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 2004. — 54 с.

В учебном пособии приведены основные термины и определения, рассмотрены вопросы организации контроля качества строительно-монтажных работ, изложены методы оценки качества в строительстве. Отдельный раздел посвящен методам и инструментам управления качеством.

Учебное пособие предназначено для студентов специальности 290300 — "Промышленное и гражданское строительство" всех форм обучения.

Ил. 21, табл. 15, список лит. 16.

Одобрено учебно-методической комиссией архитектурно-строительного факультета.

Рецензенты: В.А. Потапов, Е.И. Кромский.

© Издательство ЮУрГУ, 2004

## 1. ОСНОВНЫЕ ОПРЕДЕЛЕНИЯ

**Качество** — совокупность характеристик объекта, относящихся к его способности удовлетворить установленные и предполагаемые потребности.

**Контроль качества** — проверка соответствия количественных и качественных характеристик свойств продукции установленным требованиям.

**Оценка качества** — процедуры выбора номенклатуры показателей качества, определения значений показателей и сопоставления их с требуемыми значениями при указании точности и (или) достоверности оценки.

**Показатель качества** — количественная характеристика свойств продукции, составляющих ее качество.

**Политика в области качества** — основные направления и цели организации в области качества, официально сформулированные руководством организации.

**Общее руководство качеством** (административное управление качеством) — аспекты общей функции управления, которые определяют политику в области качества, цели и ответственность, а также осуществляют их с помощью таких средств, как планирование качества, управление качеством, обеспечение качества и улучшение качества в рамках системы качества.

**Управление качеством** — методы и виды деятельности оперативного характера, используемые для выполнения требований к качеству.

**Система качества** — совокупность организационной структуры, методик, процессов и ресурсов, необходимых для общего руководства качеством. Система качества создается руководством организации как средство реализации политики организации в области качества.

**Дефект** — каждое отдельное несоответствие продукции установленным требованиям (ГОСТ 15467).

**Критический дефект** — дефект, при наличии которого использование продукции по назначению практически невозможно или не допустимо (ГОСТ 15467).

**Значительный дефект** — дефект, который существенно влияет на использование продукции по назначению и ее долговечность.

**Малозначительный дефект** — дефект, который существенно не влияет на использование продукции по назначению и ее долговечность.

**Статистический приемочный контроль** — выборочный контроль качества продукции, основанный на применении методов математической статистики для проверки соответствия качества продукции установленным требованиям.

**Риск заказчика (потребителя)** — вероятность принятия по результатам контроля подрядчика решения о соответствии совокупности завершенных объемов СМР или строительной продукции, не соответствующих требованиям к их качеству.

**Риск подрядчика (изготовителя)** — вероятность принятия по результатам контроля заказчика решения о несоответствии совокупности завершенных объемов СМР или строительной продукции, соответствующих требованиям к их качеству.

**Точность технологического процесса** — свойство технологического процесса, обуславливающее близость действительных и номинальных значений параметров производимой продукции (ГОСТ 15895).

**Стабильность технологического процесса** — свойство технологического процесса, обуславливающее постоянство распределений вероятностей его параметров в течение некоторого интервала времени без вмешательства извне (ГОСТ 15895).

**Надежность** — свойство объекта сохранять во времени в установленных пределах значения всех параметров, характеризующих способность выполнять требуемые функции в заданных режимах и условиях применения, технического обслуживания, хранения и транспортирования (ГОСТ 27.002).

**Безопасность** — состояние, при котором отсутствует недопустимый риск, связанный с причинением вреда жизни или здоровью граждан, имуществу, окружающей среде, жизни и здоровью животных и растений.

## 2. ОРГАНИЗАЦИЯ КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА СТРОИТЕЛЬСТВА

В строительстве принят многоступенчатый контроль качества строительно-монтажных работ как непосредственно исполнителями работ, так и ведомственными и государственными службами.

Для координации всех работ по обеспечению качества в строительной организации создается служба (отдел) качества. Работники этой службы выполняют следующие функции по контролю качества строительных работ:

осуществляют организацию и проведение всех видов производственного контроля качества работ (наличие рабочей документации, карт контроля качества, проекта производства работ, необходимого оборудования, инспекционные посещения объектов с установленной периодичностью);

контролируют соблюдение технологических процессов, проведение в установленном объеме лабораторных испытаний, правильность ведения производственной и исполнительной документации, а также следят за метрологическим и геодезическим обеспечением производства работ;

производят приемку подготовленных к освидетельствованию скрытых работ и конструктивных элементов, передаваемых для продолжения работ другому исполнителю;

контролируют исполнение указаний по качеству СМР технического надзора заказчика, авторского надзора проектных организаций и Государственного архитектурно-строительного надзора;

анализируют причины низкого качества строительно-монтажных работ на законченных объектах и вносят предложения по их устранению;

координируют работы по внедрению, функционированию и совершенствованию системы качества строительной организации.

Схема организации контроля качества строительно-монтажных работ в строительной организации приведена на рис. 2.1.

Рабочие и бригадир осуществляют самоконтроль качества в процессе СМР. Производитель работ и мастер непосредственно отвечают за производственный контроль качества строительства (входной, операционный и приемочный контроль). Для контроля положения смонтированных конструкций привлекается геодезическая служба, а для лабораторного контроля материалов, изделий, готовых конструкций и их соединений — строительная лаборатория.



В приемке скрытых работ и законченных конструктивных частей объекта участвуют служба качества, технический надзор заказчика и авторский надзор проектной организации. Инспекционный и приемочный контроль также проводит инспекция Государственного архитектурно-строительного надзора. При приемке готового объекта привлекаются и другие государственные службы: пожарный надзор, санитарный надзор и т.д.

Служба (отдел) качества строительной организации периодически осуществляет инспекционный контроль качества на строящихся объектах. В состав инспекции, кроме работников службы качества, могут входить главный инженер, начальник ПТО, представители строительной лаборатории и геодезической службы.

Производственный контроль качества строительно-монтажных работ должен включать:

- 1) входной контроль рабочей документации с обоснованием эффективности материалов, конструкций и методов производства СМР;
- 2) входной контроль материалов, конструкций и оборудования в соответствии с требованиями действующих ГОСТ, СНиП и ТУ, с проверкой наличия сертификатов и паспортов;
- 3) операционный контроль отдельных строительных процессов;
- 4) ведение журналов производства СМР;
- 5) освидетельствование скрытых работ и составление актов на предшествующие скрытые работы;
- 6) приемочный контроль СМР.

При **входном контроле рабочей документации** производится проверка ее комплектности и достаточности содержащейся в ней технической информации для производства работ. Ответственным за входной контроль проектной документации является начальник производственно-технического отдела или главный инженер.

Проектная организация должна представить технико-экономическое обоснование эффективности принятых материалов, конструкций и методов производства работ. В случае необходимости, проектные конструкции, материалы и изделия должны заменяться проектной организацией по требованию заказчика.

**Входной контроль материалов, конструкций и оборудования** осуществляют строители внешним осмотром на соответствие требованиям действующих ГОСТ, СНиП и ТУ. В необходимых случаях могут привлекаться следующие службы: лаборатория, заводы-поставщики, служба главного механика, проектные организации. Наличие сертификатов, паспортов или других актов испытаний на материалы, конструкции является обязательным. Документы о качестве должны соответствовать по форме и содержанию требованиям стандартов на материалы и изделия. В них обычно указываются предприятие-изготовитель, наименование и марка, условное обозначение, номер ГОСТ или ТУ, дата (время) изготовления, дата приемки ОТК, основные характеристики. В журнале работ необходимо отмечать соответствие материалов и конструкций требованиям ГОСТ, СНиП и рабочим чертежам.

**Операционный контроль** проводят в ходе выполнения строительных процессов с целью обеспечения своевременного выявления дефектов, их преду-

преждения и устранения. Контроль осуществляется преимущественно измерительным методом или техническим осмотром.

При операционном контроле проверяют соблюдение технологии выполнения СМР, соответствие конструкций, методов и режимов строительным нормам, ГОСТ, рабочим чертежам. Результаты операционного контроля фиксируются в журнале работ. Основными документами при этом методе контроля являются нормы операционного контроля, СНиП, ГОСТ. В журнал работ необходимо внести все изменения (остановки, погодные условия и т.д.), которые не предусмотрены нормами, СНиП или ГОСТ, а в заключение вносятся все допускаемые отклонения по нормируемым показателям СНиП и ГОСТ.

Карты (схемы) операционного контроля качества должны входить в проект производства работ и включать в себя требования по объему и содержанию параметров контроля, рисунки, методы и средства контроля и виды регистрации.

При **приемочном контроле** производят проверку качества выполненных СМР, законченного объекта или его этапа в соответствии с требованиями проекта. Контроль осуществляется преимущественно регистрационным методом, а при необходимости — измерительным методом.

На каждом объекте строительства надлежит вести общий журнал работ по форме, приведенной в приложении 1 СНиП 3.01.01-85\*, специальные журналы по отдельным видам работ, перечень которых устанавливается генподрядчиком по согласованию с субподрядными организациями и заказчиком, и журнал авторского надзора проектной организации.

Обязательными журналами в соответствии с требованиями СНиП 3.01.01-85\* и СНиП 3.03.01-87, где необходимо ежедневно вносить данные о производстве СМР, являются:

- журнал работ по монтажу строительных конструкций (обязательное приложение 1 СНиП 3.03.01-87);
- журнал сварочных работ (обязательное приложение 2 СНиП 3.03.01-87);
- журнал антикоррозионной защиты сварных соединений (обязательное приложение 3 СНиП 3.03.01-87);
- журнал замоноличивания монтажных стыков и узлов (обязательное приложение 4 СНиП 3.03.01-87).

Скрытые работы подлежат освидетельствованию с составлением актов (приложение 6 СНиП 3.01.01-85\*). Акт освидетельствования скрытых работ должен составляться на завершённый процесс, выполненный самостоятельным подразделением исполнителей. Запрещается выполнение последующих работ при отсутствии актов освидетельствования предшествующих скрытых работ. Освидетельствование скрытых работ и составление акта в случаях, когда последующие работы должны начаться после перерыва, следует производить непосредственно перед производством последующих работ.

Перечень скрытых работ должен указываться в рабочих чертежах, проектах производства работ или определяться по требованию заказчика. К скрытым работам, например, относятся: устройство естественных оснований под земляные сооружения, фундаменты, трубопроводы и т.п.; устройство конструкций, входящих в тело земляного сооружения; устройство обратных засыпок, насыпных оснований под полы; устройство гидроизоляции; арматурные работы; антикоррозионная защита; герметизация стыков и др.

Ответственные конструкции по мере их готовности подлежат приемке в процессе строительства (с участием представителя проектной организации или авторского надзора) с составлением акта промежуточной приемки этих конструкций (приложение 7 СНиП 3.01.01-85\*).

В новой редакции СНиП 3.01.04 “Приемка в эксплуатацию законченных строительством объектов” предусмотрена следующая процедура приемки и ввода в эксплуатацию законченных строительством объектов:

1) заказчик проверяет и документально подтверждает, что построенный объект соответствует его заказу и требованиям, отраженным в проектной и контрактной (договорной) документации;

2) органы государственного надзора проверяют и подтверждают, что созданная строительная продукция соответствует государственным нормам и стандартам и отвечает требованиям безопасности для жизни, здоровья и имущества потребителей, а также для окружающей среды;

3) заказчик или пользователь вступает в фактическое владение объектом, а объект включается в территориальную среду в качестве эксплуатируемого.

Последние два действия относятся к сфере административного регулирования и должны быть официально зарегистрированы.

Заказчик производит приемку объекта на основе результатов проведенных им проверок, контрольных испытаний и измерений, обследований, документов исполнителя работ, подтверждающих соответствие принимаемого объекта утвержденному проекту, нормам, правилам и стандартам, а также заключений органов надзора.

Органы государственного надзора в течение 15 дней после письменного обращения заказчика дают заключение о соответствии предъявляемого к приемке объекта утвержденному проекту. Органы Госархстройнадзора выдают свое заключение с учетом наличия заключений других надзорных органов, которым подконтролен этот объект.

Приемка законченного строительством объекта оформляется актом приемки. К акту приемки объекта исполнитель работ и заказчик прилагают документы, перечень которых приведен ниже.

Документация, представляемая исполнителем:

- перечень организаций, участвующих в производстве строительно-монтажных работ с указанием видов выполненных ими работ, фамилий инженерно-технических работников, непосредственно ответственных за их выполнение, и данных о наличии соответствующих лицензий;

- комплект рабочих чертежей на строительство предъявляемого к приемке объекта с подписями о соответствии выполненных в натуре работ этим чертежам или внесенным в них изменениям, сделанными лицами, ответственными за производство строительно-монтажных работ. Указанный комплект рабочих чертежей является исполнительной документацией;

- сертификаты, технические паспорта или другие документы, удостоверяющие качество материалов, применяемых при производстве строительно-монтажных работ;

- акты об освидетельствовании скрытых работ и акты промежуточной приемки отдельных ответственных конструкций и узлов;

- акты об индивидуальных испытаниях смонтированного оборудования;

- акты об испытаниях технологических трубопроводов, внутренних систем холодного и горячего водоснабжения, канализации, газоснабжения, отопления и вентиляции, наружных сетей и сооружений водоснабжения, канализации, тепло-снабжения, газоснабжения и дренажных устройств, а также об испытаниях сварных соединений;

- акты о выполнении уплотнения (герметизации) вводов и выпусков инженерных коммуникаций в местах прохода их через подземную часть наружных стен зданий в соответствии с проектом;

- акты об испытаниях электроустановок и электросетей;

- акты об испытаниях устройств телефонизации, радиофикации, телевидения, сигнализации и автоматизации;

- акты об испытаниях устройств, обеспечивающих взрыво-, пожаробезопасность и молниезащиту;

- журналы производства работ и авторского надзора проектных организаций, материалы обследований и проверок в процессе строительства органами государственного и другого надзора.

Документация, которая должна быть в наличии у заказчика при приемке объекта:

- утвержденный проект;

- документы об отводе земельных участков, а по объектам жилищно-гражданского назначения также разрешения на производство строительно-монтажных работ;

- документы на специальное водопользование;

- документы на геодезическую разбивочную основу для строительства, а также на геодезические работы в процессе строительства, выполненные заказчиком;

- документы о геологии и гидрологии строительной площадки, результатах испытаний грунта и анализа грунтовых вод, данные о результатах микросейсмо-районировании и экологические изысканиях;

- паспорта на установленное оборудование;

- справки городских эксплуатационных организаций о том, что внешние наружные коммуникации холодного и горячего водоснабжения, канализации, теплоснабжения, газоснабжения, энергоснабжения и связи обеспечат нормальную эксплуатацию объекта и приняты ими на обслуживание;

- документы о разрешении на эксплуатацию объектов и оборудования, подконтрольных соответствующим органам государственного надзора РФ в случаях, когда выдача таких разрешений предусмотрена положением об этих органах;

- заключение органов государственного надзора о соответствии законченного строительством объекта законодательству, действующим стандартам, нормам и правилам.

Организация контроля качества строительно-монтажных работ должна быть документально оформлена в рамках системы качества строительной организации. Эффективность контроля должна периодически проверяться по специально разработанным критериям, в том числе по показателям качества возведенных зданий и сооружений.

### 3. ПОНЯТИЕ СИСТЕМЫ КАЧЕСТВА

Систему качества строительного-монтажной организации (СМО) можно определить как совокупность систематизированных элементов организационно-технической и производственной деятельности СМО, от которых зависит качество строительного-монтажных работ и возводимых строительных объектов. Система качества охватывает: организационную структуру СМО; ответственность и полномочия персонала, его права и обязанности; технологию осуществления производственной деятельности, контроля, оценки и улучшения качества возведения строительных объектов, а также исправления дефектов в процессе производства работ, приемки их результатов и в процессе эксплуатации сданных объектов в период гарантийной ответственности СМО; процессы взаимодействия подразделений СМО между собой и СМО со службами заказчика и поставщиков; деятельность СМО по материально-техническому обеспечению качества строительного-монтажных работ и по соответствующей подготовке персонала.

Основными задачами системы качества СМО являются:

обеспечение качества на всех стадиях инвестиционного цикла (“петли качества”), начиная от проектирования, разработки и подготовки производственных процессов СМР, поставок материалов и заканчивая эксплуатацией, ремонтом и утилизацией;

установление ответственности руководства и обеспечение участия в управлении качеством всех работников организации;

проведение профилактических проверок по предупреждению несоответствий и дефектов СМР и изготавливаемых конструкций;

документальное оформление всех процедур системы качества (руководстве по качеству, стандартах предприятия, инструкциях и т.д.);

улучшение экономических показателей деятельности организации;

постоянное улучшение качества строительства на основе анализа выявленных несоответствий и дефектов и совершенствования системы качества.

Основные положения по проектированию, внедрению, сертификации, проверке и совершенствованию системы качества изложены в международных стандартах ИСО серии 9000, которые приняты в России в качестве национальных. В настоящее время стандарты ГОСТ Р ИСО серии 9000 являются руководящими при обеспечении качества строительства в России и разработке отечественной нормативной базы управления качеством [1, 2].

Новая редакция международных стандартов ИСО 9000:2000 состоит из трех стандартов, которым соответствуют стандарты РФ (указаны в скобках):

ИСО 9000:2000 (ГОСТ Р ИСО 9000-2001). Системы менеджмента качества. Фундаментальные принципы и словарь;

ИСО 9001:2000 (ГОСТ Р ИСО 9001-2001). Системы менеджмента качества. Требования;

ИСО 9004:2000 (ГОСТ Р ИСО 9004-2001). Системы менеджмента качества. Руководящие указания по улучшению характеристик деятельности.

В международных стандартах ИСО серии 9000:2000 сформулированы восемь основных принципов управления, нацеленных на достижение целей качества.

1. Фокус на потребителя. Организации зависят от своих потребителей, поэтому понимание текущих и будущих потребностей потребителей, стремление превзойти их ожидания — залог успешного развития организации.

2. Лидерство руководства. Руководители обеспечивают единство цели и направления деятельности организации. Задача руководителей заключается в создании внутренней среды, способствующей полному вовлечению работников в достижение целей организации.

3. Вовлечение работников. Работники всех уровней составляют основу организации. Вовлеченность работников обеспечивает полное использование их потенциала для эффективной деятельности организации.

4. Процессорный подход. Результаты достигаются более эффективно, если ресурсами и работами управляют как взаимосвязанными процессами.

5. Системный подход к управлению. Результативности организации способствует управление процессами как системой для достижения определенных целей.

6. Непрерывное улучшение. Постоянной задачей организации должно стать непрерывное улучшение всех аспектов деятельности.

7. Фактический подход к принятию решений. Анализ фактических данных и объективной информации становится базой для принятия решений.

8. Взаимовыгодные отношения с поставщиками. Вовлечение поставщиков в процесс непрерывного улучшения усиливает результативность работы организации.

Использование перечисленных принципов управления, некоторые из которых будут подробно рассмотрены в главе 6, позволяет обеспечить лидерство организации на рынке строительного подряда за счет эффективной и качественной работы. В подтверждение этому приведем результаты опроса строительных фирм Великобритании, из которых 4000 фирм имеют сертификаты гарантии качества работ, о преимуществах обладания сертификатом ИСО 9000:

поддержание деловой активности .....	51%;
снижение количества претензий .....	43 %;
получение доступа на новые рынки .....	36 %;
сокращение непроизводственных затрат .....	29 %;
увеличение объемов продаж .....	29 %.

#### **4. КОМПЛЕКСНАЯ ОЦЕНКА КАЧЕСТВА СТРОИТЕЛЬСТВА**

Оценка качества строительства предусматривает следующие этапы:

- 1) выбор и обоснование номенклатуры показателей качества;
- 2) разработка методики контроля и оценки;
- 3) определение (измерение, контроль) показателей качества и регистрация данных о качестве;
- 4) установление базовых значений показателей и решающих правил оценки;
- 5) сравнение фактических значений показателей качества с базовыми значениями по решающим правилам (процедура оценивания);
- 6) документальное оформление результатов оценки.

Рекомендуемая структура комплексной оценки качества строительномонтажных работ приведена на рис. 4.1 и включает в себя оценку: системы качества строительства; качества технологических процессов; качества возведенных конструкций.

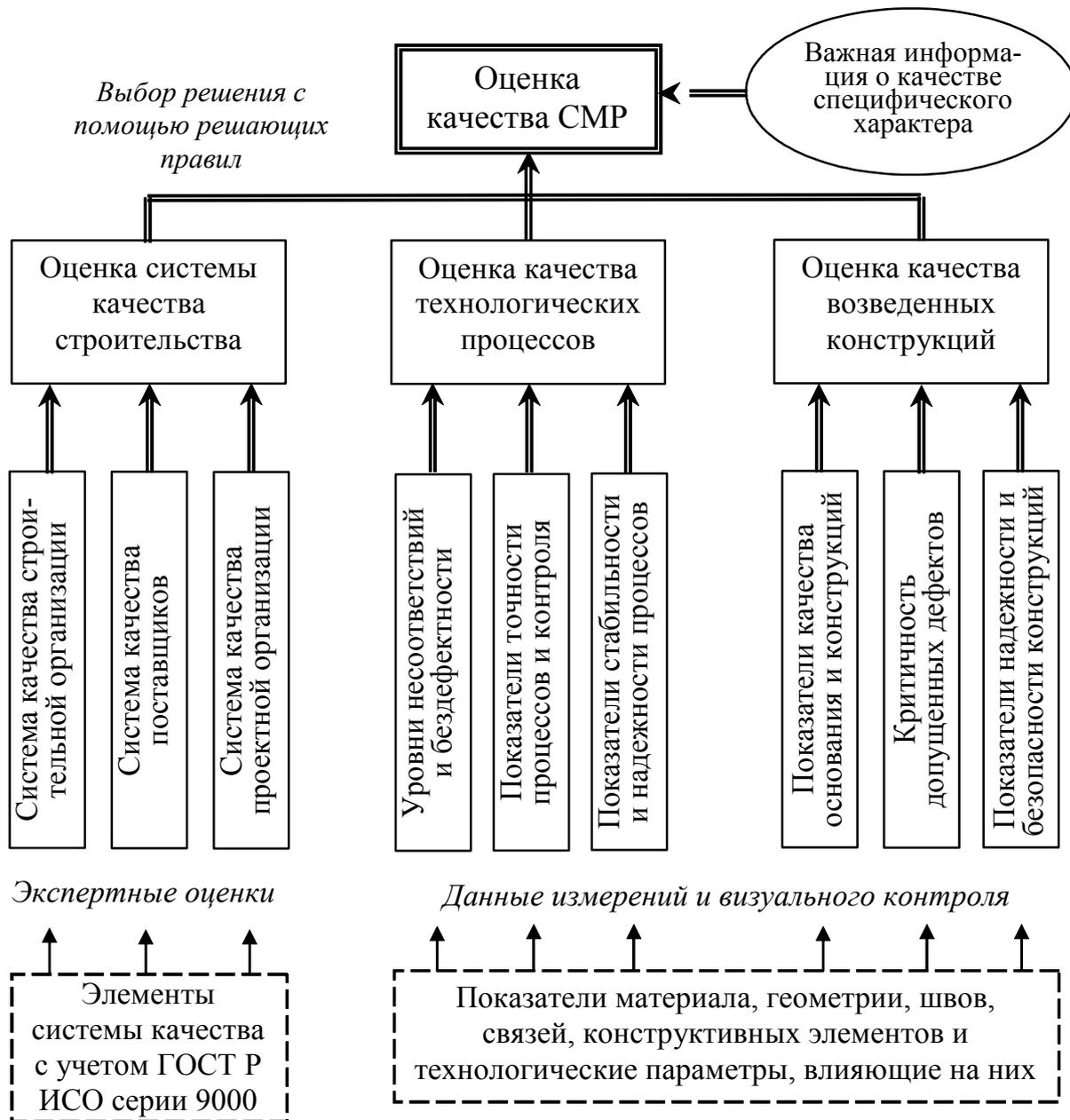


Рис. 4.1. Структура комплексной оценки качества СМР:

- — экспертные и статистические методы анализа данных;
- ⇒ — правила вывода, заложенные в решающие правила;
- ⇒⇒ — правило вывода, сформулированное лицом принимающим решение

Оценка системы качества участников строительства производится экспертным методом по элементам ГОСТ Р ИСО серии 9000, адаптированным к условиям строительной отрасли. Статистические показатели качества технологических процессов СМР: уровень бездефектности, точность, стабильность и надежность — оцениваются статистическими методами по результатам измерений.

Таким образом, оценка качества строительства производится по следующим основным критериям: соответствие уровня бездефектности установленным требованиям; точность и стабильность технологических процессов; точность контроля и удовлетворение требованиям конструктивной надежности и безопасности. Взаимосвязь указанных критериев показана на рис. 4.2.

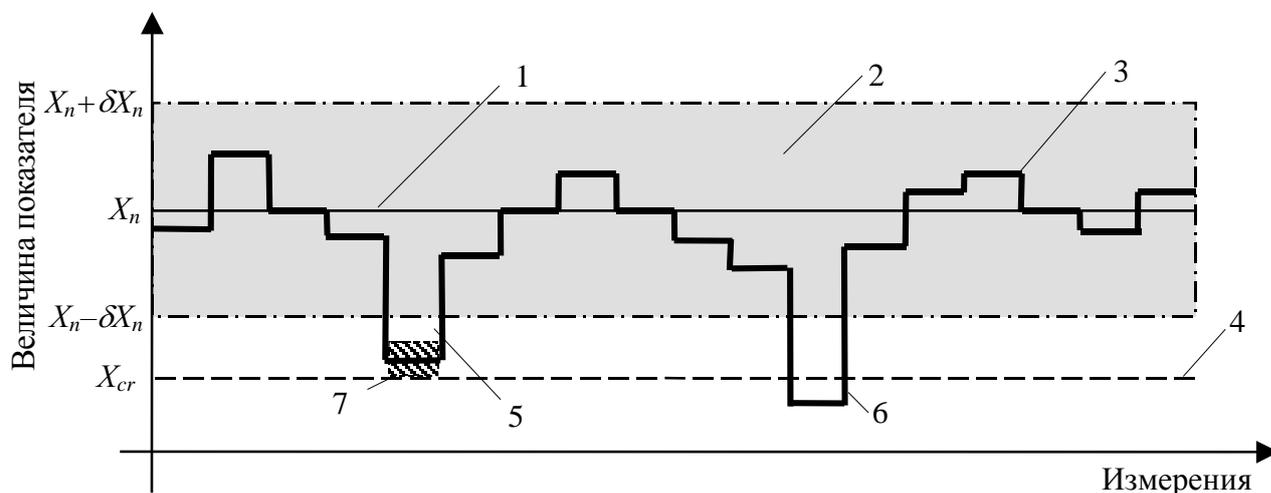


Рис. 4.2. Взаимосвязь критериев оценки показателей качества:

1 – нормативное (проектное) значение показателя  $X_n$ ; 2 – область нормативного допуска  $X_n \pm \Delta X_n$ ; 3 – фактические значения показателя; 4 – минимально допустимое (критическое) значение показателя по критерию надежности  $X_{cr}$ ; 5 – отдельное несоответствие показателя нормам (дефект); 6 – критический дефект; 7 – погрешность измерений.

Как видно из рис. 4.2 критерий соответствия нормам определяет, как часто фактические значения параметра 3 выходят из области допустимых отклонений 2. Критерий точности технологического процесса определяет степень отклонения параметра от нормативного (проектного) значения 1. Показатель точности контроля учитывает погрешности измерений 7, что особенно важно, когда фактическое отклонение 5 близко по своему значению к критическому дефекту 4 (как это показано на рис. 4.2). Критерий надежности позволяет производить обоснованное ранжирование дефектов по степени значимости и определять, является ли дефект малозначительным, значительным или критическим по классификации ГОСТ 15467.

## 5. ОЦЕНКА СИСТЕМЫ КАЧЕСТВА СТРОИТЕЛЬСТВА

Система качества (СК) оценивается по параметрам, представляющим собой элементы СК по ГОСТ Р ИСО серии 9000, адаптированным для конкретной организации. Элементы СК объединяются в группы, по которым вычисляются групповые показатели. При группировании частных показателей рекомендуется следующая логическая схема (рис. 5.1), соответствующая определению СК, как совокупности организационной структуры, процессов, ресурсов и методик для достижения качественных результатов.

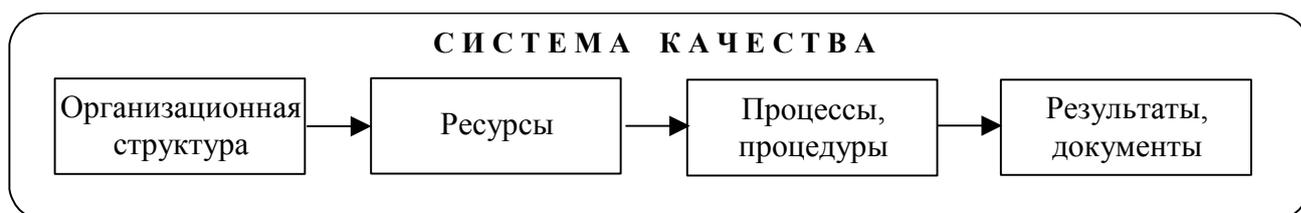


Рис. 5.1. Укрупненная структура системы качества

Количественная оценка любого элемента СК определяется экспертным методом при задании числовых значений оценок для вербальных выражений мнения эксперта. Методика такой оценки рассмотрена ниже.

Весомость частных и групповых показателей определяется либо экспертным методом, либо статистическим по известным данным о частоте аварий и отказов в строительстве по вине проектировщиков, поставщиков материалов и строителей.

Комплексный показатель, оценивающий СК строительства, рекомендуется вычислять по формуле:

$$K_{СК} = 0,60 \cdot CK_{СО} + 0,25 \cdot CK_{П} + 0,15 \cdot CK_{ПО}, \quad (5.1)$$

где  $CK_{СО}$ ,  $CK_{П}$ ,  $CK_{ПО}$  — соответственно количественные оценки СК строительномонтажной организации, основных поставщиков и проектно-изыскательской организации, учитываемые с соответствующими коэффициентами весомости. Значения коэффициентов весомости определены по обобщенным для РФ данным вероятностей ошибок участников строительства.

При оценке СК нескольких основных поставщиков оценка  $CK_{П}$  вычисляется с учетом коэффициентов весомости, равными относительным долям объемов поставок или как средняя арифметическая.

Наиболее важной в формуле (5.1) является оценка СК строительномонтажной организации, что отражено в значении коэффициента весомости. При отсутствии данных о СК проектной организации и поставщиков оценку СК строительства следует принимать равной оценке СК строительномонтажной организации (генподрядчика).

Количественная оценка системы качества строительномонтажной организации (СМО):

- служит одним из основных критериев комплексной оценки качества СМР;
- дает информацию о способности подрядчика выполнять работы с требуемым уровнем качества;
- применяется для самооценки строительномонтажной организации по критериям соответствия сертификационным требованиям ИСО 9000 к системам качества;
- побуждает подрядчика расширить свою область деятельности по управлению качеством на основных поставщиков строительных материалов и изделий.

Оценка системы качества строительной организации производится по элементам (табл. 5.1), объединенным в четыре группы (см. рис. 5.1): организационная структура; нормативная и материально-техническая база; методы и средства контроля; уровень качества СМР и регистрация данных о качестве.

## Оценка системы качества строительного-монтажной организации

Группа элементов системы	Контролируемые элементы системы качества	Соответствие требованиям ИСО*
1. Организационная структура	1.1. Роль руководящего звена в управлении качеством	4.1, 4.2
	1.2. Наличие и уровень работы службы качества	4.2, 4.17
	1.3. Соответствие специальности ИТР видам работ	4.9, 4.18
	1.4. Соответствие профессий рабочих видам работ	4.9, 4.18
	1.5. Уровень квалификации (результаты аттестации) ИТР	4.9, 4.18
	1.6. Уровень квалификации рабочих	4.9, 4.18
	1.7. Лабораторное обеспечение	4.10–4.12
	1.8. Геодезическое обеспечение	4.10–4.12
	1.9. Подготовка кадров	4.18
	1.10. Стимулирование качества	4.2, 4.18
2. Нормативная и материально-техническая база	2.1. Комплектность проектной и нормативной документации	4.3–4.5
	2.2. Качество проектной документации	4.3–4.5
	2.3. Уровень системы качества основных поставщиков	4.6
	2.4. Обеспеченность механизмами и инструментом	4.9, 4.11
	2.5. Уровень производственно-технической комплектации	4.6, 4.9
	2.6. Соблюдение правил складирования изделий, материалов	4.6, 4.15
3. Методы и средства контроля	3.1. Наличие карт (схем) контроля качества	4.9, 4.10
	3.2. Обеспеченность средствами контроля и измерений	4.10, 4.11
	3.3. Обеспеченность испытательным оборудованием	4.11
	3.4. Поверка измерительного, испытательного оборудования	4.11
	3.5. Периодичность и объемы испытаний контрольных образцов материалов (раствора, бетона и т.д.)	4.6, 4.10
	3.6. Уровень производственного контроля качества (входного, операционного, приемочного)	4.9–4.12, 4.17
	3.7. Применение статистических методов контроля качества	4.20
4. Качество СМР, документация и регистрация данных о качестве	4.1. Уровень качества строительного-монтажных работ	4.2, 4.10, 4.20
	4.2. Эффективность корректирующих действий при выявлении несоответствий	4.14, 4.19
	4.3. Наличие и полнота заполнения журналов работ	4.5, 4.8
	4.4. Наличие документов о качестве применяемых материалов, изделий, оборудования	4.6, 4.16
	4.5. Своевременное выполнение актов освидетельствования скрытых работ, промежуточной приемки, исполнительных геодезических схем	4.8, 4.15
	4.6. Полнота и объективность данных о качестве	4.5, 4.16

\* — номера пунктов ГОСТ Р ИСО 9001-96 (номера элементов системы качества).

Система качества оценивается экспертным методом. Для повышения достоверности оценки рекомендуется привлекать не менее трех независимых экспертов: инспекторов Госархстройнадзора, представителей технического надзора заказчика и авторского надзора, руководителя инженерной службы СМО или

службы качества, эксперта лицензионного органа, проводившего экспертизу строительной деятельности данной СМО.

Эксперты проставляют свои оценки в соответствии с заданной шкалой от 0 до 1. Для формализации мнения эксперта и повышения согласованности оценок необходимо применять правила оценивания (табл. 5.2).

Таблица 5.2

Правила для экспертных оценок

Экспертная оценка	Стандартные высказывания о соответствии по критерию:		
	соответствия установленным требованиям	масштаба применения	документирования и выполнения
0,90...1,00	Очевидное соответствие (отлично)	Полный потенциал (результаты)	Задokumentировано и выполняется
0,65...0,90	Высокое соответствие (хорошо)	Около 3/4 потенциала (результатов)	Не задokumentировано, но полностью выполняется
0,35...0,65	Среднее соответствие (удовлетворительно)	Около половины потенциала (результатов)	Задokumentировано и частично выполняется
0,10...0,35	Низкое соответствие (неудовлетворительно)	Около 1/4 потенциала (результатов)	Задokumentировано, но практически не выполняется
0,00...0,10	Очевидное несоответствие (недопустимо)	Малый потенциал (результаты)	Не задokumentировано и не выполняется

За итоговую оценку по каждому оцениваемому элементу СК принимается минимальная из оценок всех экспертов по правилам теории нечетких множеств. Затем выводится средняя арифметическая (групповая) оценка по каждой из четырех групп элементов СК. Итоговая оценка СК определяется по формуле

$$K_{СК} = \sum_{i=1}^4 \mu_i \cdot K_{СКi}, \quad (5.2)$$

где  $\mu_i$  — коэффициенты весомости соответствующих групповых оценок, определяемые экспертным путем;  $K_{СКi}$  — групповые оценки, характеризующие группы элементов СК.

На первом этапе апробации методики рекомендуется устанавливать равную весомость всех групповых оценок  $\mu_i = 0,25$  (то есть итоговая оценка вычисляется как средняя арифметическая из групповых).

Градация уровня СК строительства и его участников в зависимости от полученной количественной оценки производится по следующему решающему правилу:

- 0,75...1,00 — высокое соответствие;
- 0,50...0,70 — среднее соответствие;
- 0,25...0,45 — низкое соответствие;
- 0...0,20 — неудовлетворительное соответствие.

В случае неудовлетворительной или низкой оценки СК строительства обобщенная оценка качества СМР с учетом всех критериев оценки не может считаться высокой или средней.

## 6. СТАТИСТИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ПРОЦЕССОВ СМР

Расчет статистических показателей качества выполняется на основе данных непосредственных измерений, исполнительных геодезических схем положения конструкций, лабораторного контроля свойств материалов. При статистическом контроле в соответствии с ГОСТ 23615, ГОСТ 23616 и ГОСТ Р 50779.21 вычисляются следующие характеристики по каждому контролируемому параметру.

Среднее выборочное значение параметра  $X$  (точечная статистическая оценка математического ожидания случайной величины)

$$\bar{X} = \frac{1}{n} \left( \sum_{i=1}^n X_i \right), \quad (6.1)$$

где  $n$  — количество измерений.

Систематическое отклонение параметра  $X$

$$\delta X = \bar{X} - X_n, \quad (6.2)$$

где  $X_n$  — нормативное (проектное) значение параметра.

Выборочное стандартное отклонение параметра  $X$  (точечная статистическая оценка стандартного отклонения случайной величины)

$$S_x = \sqrt{\frac{\sum (X_i - \bar{X})^2}{n-1}}. \quad (6.3)$$

Доверительный интервал выборочного среднего для параметра, ограниченного с двух сторон, при заданном количестве измерений  $n$  и вероятности  $\alpha$  попадания в интервал такой, что  $\alpha=1-\alpha_0/2$  или  $\alpha=1-\beta_0/2$ , где  $\alpha_0$  — нормативный риск подрядчика,  $\beta_0$  — нормативный риск заказчика

$$\bar{X} - \frac{t_{\alpha(v)} S_x}{\sqrt{n}} \leq \bar{X} \leq \bar{X} + \frac{t_{\alpha(v)} S_x}{\sqrt{n}}, \quad (6.4)$$

где  $t_{\alpha(v)}$  — квантиль  $t$ -распределения, определяемый по таблице математических справочников в зависимости от степени свободы  $v=1-n$  и уровня доверия  $\alpha$ .

Для параметра ограниченного с одной стороны принимается соответствующий односторонний интервал из формулы (6.4). При этом квантиль  $t_{\alpha(v)}$  рассчитывается при уровне доверия  $\alpha=1-\alpha_0$  или  $\alpha=1-\beta_0$ .

Доверительный интервал выборочного стандартного отклонения  $S_x$  при ограничении параметра с двух сторон, заданном количестве измерений  $n$  и вероятности попадания в интервал  $\alpha$

$$S_x \sqrt{\frac{n-1}{\chi_{\alpha_1(v)}^2}} \leq S_x \leq S_x \sqrt{\frac{n-1}{\chi_{\alpha_2(v)}^2}}, \quad (6.5)$$

где  $\chi_{\alpha_1(v)}^2$ ,  $\chi_{\alpha_2(v)}^2$  — квантили  $\chi^2$ -распределения, определяемые по таблице приложения Д в зависимости от степени свободы  $v=n-1$  и уровня доверия  $\alpha_1=1-\alpha_0/2$ ,

$\alpha_2 = \alpha_0/2$ , или  $\alpha_1 = 1 - \beta_0/2$ ,  $\alpha_2 = \beta_0/2$  ( $\alpha_0$  — нормативный риск подрядчика,  $\beta_0$  — нормативный риск заказчика).

Для параметра ограниченного с одной стороны принимается соответствующий односторонний интервал из формулы (6.5). При этом квантили  $\chi^2_{\alpha_1(V)}$ ,  $\chi^2_{\alpha_2(V)}$  рассчитываются при уровне доверия соответственно  $\alpha_1 = 1 - \alpha_0$ ,  $\alpha_2 = \alpha_0$ , или  $\alpha_1 = 1 - \beta_0$ ,  $\alpha_2 = \beta_0$ .

Коэффициент вариации

$$V = S_x / \bar{X}. \quad (6.6)$$

Для альтернативных показателей качества применяют коэффициент соответствия нормам (проекту)

$$K_c = \frac{1}{n} \left( \sum_{i=1}^n K_{ci} \right), \quad (6.7)$$

где  $K_{ci}$  — частные коэффициенты соответствия по  $i$ -му наблюдению (принимают значения 0 или 1),  $n$  — количество наблюдений.

Для количественных показателей качества рассчитывают уровень несоответствий (дефектности) — долю распределения случайной величины параметра  $X$  вне интервала допуска  $[a, b]$

$$q = q_a + q_b, \\ q_a = 1 - \Phi\left(\frac{\bar{X} - a}{S_x}\right), \quad q_b = 1 - \Phi\left(\frac{b - \bar{X}}{S_x}\right), \quad (6.8)$$

где  $\Phi$  — функция стандартного нормального закона распределения (функция Лапласа), определяемая по таблице математических справочников;  $S_x$  — выборочное среднее стандартное отклонение параметра  $X$ . Если граница  $a$  или  $b$  не задана, то соответственно  $q_a = 0$  или  $q_b = 0$ .

Уровень бездефектности находят из выражения

$$p = 1 - q. \quad (6.9)$$

Показатель бездефектности, учитывающий показатели соответствия  $K_c$  и уровня бездефектности  $p$  всех видов дефектов, определяют из выражения

$$K_d = \frac{0,65}{k} \cdot \sum_{i=1}^k (K_c^k + P^k) + \frac{0,25}{n} \cdot \sum_{i=1}^n (K_c^3 + P^3) + \frac{0,10}{m} \cdot \sum_{i=1}^m (K_c^m + P^m), \quad (6.10)$$

где  $K_c^k$ ,  $K_c^3$ ,  $K_c^m$  — коэффициенты соответствия, рассчитанные для альтернативных показателей качества по формуле (6.7), при критическом, значительном и малозначительном дефектах соответственно;  $P^k$ ,  $P^3$ ,  $P^m$  — уровни бездефектности, рассчитанные для количественных показателей качества по формулам (6.8), (6.9), при критическом, значительном и малозначительном дефектах соответственно; 0,65, 0,25, 0,10 — коэффициенты весомости для каждого вида дефекта;  $k$ ,  $n$ ,  $m$  — соответственно количество критических, значительных и малозначительных дефектов.

Показатель точности технологического процесса при ограничении параметра с двух сторон  $a \leq X \leq b$ :

$$K_T = \frac{\Delta X}{2 \cdot t_\alpha S_X} = \frac{\delta X}{t_\alpha S_X}, \quad (6.11)$$

где  $\Delta X$  — нормативный допуск (при симметричном поле допуска  $\Delta X = 2\delta X$ , при асимметричном  $\Delta X = \delta X_1 + \delta X_2$ );  $\delta X$  — допускаемое отклонение;  $t_\alpha$  — квантиль распределения Стьюдента, определяемый по таблице математических справочников;  $S_X$  — стандартное отклонение параметра.

При ограничении параметра снизу  $a \leq X$  или сверху  $X \leq b$  показатель точности следует определять по формулам соответственно:

$$K_T = \frac{\bar{X} - a}{t_\alpha S_x}, \quad K_T = \frac{b - \bar{X}}{t_\alpha S_x}. \quad (6.12)$$

Квантиль  $t_\alpha$  распределения Стьюдента в формулах (6.11), (6.12) определяется по таблице математических справочников в зависимости от уровня доверия  $\alpha$  и степеней свободы  $\nu = 1 - n$ . При ограничении параметра с двух сторон уровень доверия  $\alpha$  принимается  $\alpha = 1 - \alpha_0/2$  или  $\alpha = 1 - \beta_0/2$ , при ограничении параметра с одной стороны —  $\alpha = 1 - \alpha_0$  или  $\alpha = 1 - \beta_0$  ( $\alpha_0$  — нормативный риск подрядчика,  $\beta_0$  — нормативный риск заказчика).

Для больших объединенных выборок при  $n \rightarrow \infty$  квантиль  $t_\alpha$  принимается в зависимости от значимости дефекта, вида показателя качества или класса ответственности сооружения по табл. 6.1.

Таблица 6.1

Квантиль $t$ -распределения при		Значимость дефекта по ГОСТ 15467	Вид показателя качества	Класс ответственности сооружения по ГОСТ 27751
$a \leq X \leq b$	$a \leq X (X \leq b)$			
1,645	1,282	Малозначительный	Потребительского качества	III – пониженный, $\gamma_n = 0,8 \dots 0,95$
1,960	1,645	Значительный	Эксплуатационной пригодности	II – нормальный $\gamma_n = 0,95$
2,576	2,326	Критический	Конструктивной надежности	I – повышенный $\gamma_n = 0,95 \dots 1,2$

Примечание.  $\gamma_n$  — коэффициент надежности по ГОСТ 27751-88 (изменение №1).

Графическая интерпретация статистических показателей качества при нормальном распределении приведена на рис. 6.1.

Коэффициент запаса точности технологического процесса

$$K_{ЗТ} = 0,5 - K_{СМ} - 0,5 / K_T, \quad (6.13)$$

где  $K_{СМ}$  — коэффициент смещения, вычисляемый в абсолютном значении по формуле

$$K_{СМ} = (\bar{X} - X_C) / \Delta X, \quad (6.14)$$

где  $X_C$  — значение параметра, соответствующее середине поля допуска. При ограничении параметра снизу или сверху  $K_{CM}=0$ .

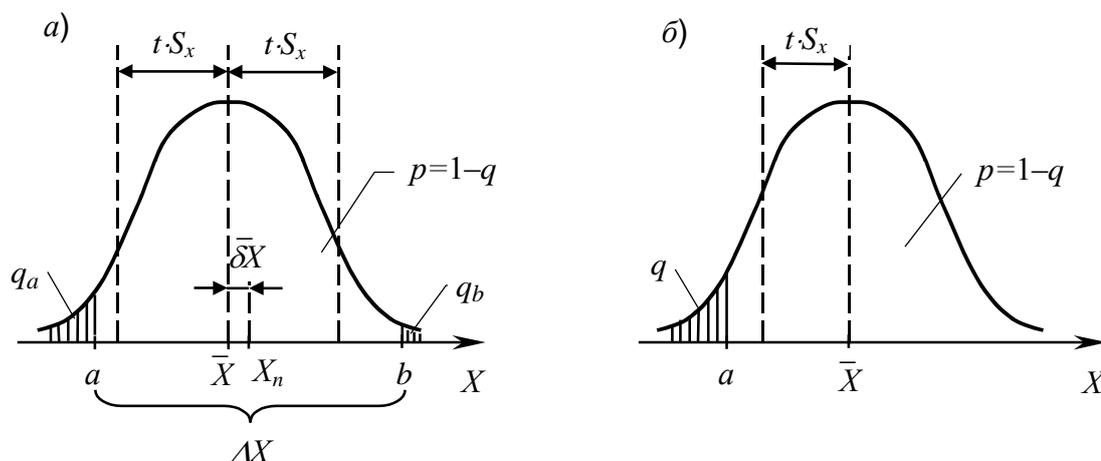


Рис. 6.1. Иллюстрация к показателю точности технологических процессов при ограничении параметра с двух сторон (а) и с одной стороны (б)

Уровень несоответствий (дефектности) может быть рассчитан по значениям показателя точности  $K_T$  и коэффициента смещения  $K_{CM}$  по формулам: при ограничении параметра с двух сторон

$$q = 2 - \Phi[2 \cdot t_\alpha K_T (0,5 + K_{CM})] - \Phi[2 \cdot t_\alpha K_T (0,5 - K_{CM})]; \quad (6.15)$$

при ограничении параметра с одной стороны

$$q = 1 - \Phi(t_\alpha K_T). \quad (6.16)$$

Показатель точности контроля вычисляется по формуле:

$$K_{TK} = \delta X_{met} / \Delta X, \quad (6.17)$$

где  $\delta X_{met}$  — предельная погрешность контрольных измерений, определяемая по данным паспорта на средство измерения;  $\Delta X$  — допуск параметра  $X$ .

При ограничении параметра снизу  $a \leq X$  или сверху  $X \leq b$  показатель точности контроля определяется по формулам соответственно:

$$K_{TK} = \delta X_{met} / (\bar{X} - a), \quad (6.18)$$

$$K_{TK} = \delta X_{met} / (\bar{X} - b).$$

Коэффициент стабильности технологического процесса по отношению к случайным погрешностям

$$F = S_{max}^2 / S_{min}^2, \quad (6.19)$$

где  $S_{max}$ ,  $S_{min}$  — соответственно наибольшее и наименьшее значение стандартного отклонения за определенный период контроля точности (например, на разных этажах здания).

Для параметра, ограниченного с двух сторон, при выполнении условий  $F \leq F_{1-\alpha/2}(v_1, v_2)$  и  $F \geq 1/F_{1-\alpha/2}(v_1, v_2)$  процесс считается стабильным, при  $F > F_{1-\alpha/2}(v_1, v_2)$  или  $F < 1/F_{1-\alpha/2}(v_1, v_2)$  — нестабильным по отношению к случайным погрешностям. Здесь  $F_{1-\alpha/2}(v_1, v_2)$  — квантиль  $F$ -распределения уровня  $(1-\alpha/2)$  степеней свободы  $v_1=n_1-1, v_2=n_2-1$ , определяемый по таблице математических справочников.

Для параметра, ограниченного с одной стороны, предположение о том, что процесс нестабилен, отклоняется, если  $F \geq 1/F_{1-\alpha}(v_1, v_2)$ . При  $F < 1/F_{1-\alpha}(v_1, v_2)$  процесс считается нестабильным по отношению к случайным погрешностям на уровне доверия  $\alpha$ .

Показатель стабильности технологического процесса по отношению к случайным погрешностям рекомендуется рассчитывать по формуле:

$$K_s = n_s / N_s, \quad (6.20)$$

где  $n_s$  — количество параметров, стабильных по отношению к случайным погрешностям;  $N_s$  — общее количество параметров, проверенных на стабильность.

Коэффициент стабильности технологического процесса по отношению к систематическим погрешностям

$$t = (\bar{X}_{\max} - \bar{X}_{\min}) / \sqrt{\frac{n_1 + n_2}{n_1 n_2} \cdot \frac{S_1^2 (n_1 - 1) + S_2^2 (n_2 - 1)}{n_1 + n_2 - 2}}, \quad (6.21)$$

где  $\bar{X}_{\max}, \bar{X}_{\min}$  — соответственно наибольшее и наименьшее среднее значение параметра, вычисленные по результатам контрольных замеров через определенный промежуток времени;  $S_1, S_2$  — соответствующие им стандартные отклонения;  $n_1, n_2$  — количество измерений в выборках.

Для параметра, ограниченного с двух сторон, при выполнении условия  $t \leq t_{1-\alpha/2}(v)$  процесс считается стабильным, а при  $t > t_{1-\alpha/2}(v)$  — нестабильным по отношению к систематическим погрешностям. Здесь  $t_{1-\alpha/2}(v)$  — квантиль  $t$ -распределения уровня  $(1-\alpha/2)$  степени свободы  $v=n_1+n_2-2$ , определяемый по таблице математических справочников.

Для параметра, ограниченного с одной стороны, предположение о том, что процесс нестабилен, отклоняется, если  $t \leq t_{1-\alpha}(v)$ . При  $t > t_{1-\alpha}(v)$  процесс считается нестабильным по отношению к систематическим погрешностям на уровне доверия  $\alpha$ .

Показатель стабильности технологического процесса по отношению к систематическим погрешностям рекомендуется рассчитывать по формуле:

$$K_x = n_x / N_x, \quad (6.22)$$

где  $n_x$  — количество параметров, стабильных по отношению к систематическим погрешностям;  $N_x$  — общее количество параметров, проверенных на стабильность.

Для оценки статистических показателей качества технологических процессов СМР рекомендуются следующие решающие правила (табл. 6.2).

Таблица 6.2

Наименование показателя	Оценка показателя		
	выше среднего	средняя	ниже среднего
1. Коэффициент соответствия $K_C$ при дефектах: – критических – значительных – малозначительных – средневзвешенных	Не менее 1,00 Более 0,90 – “ – 0,75 – “ – 0,95	0,95...1,00 0,85...0,90 0,70...0,75 0,90...0,95	Менее 0,95 – “ – 0,85 – “ – 0,70 – “ – 0,90
2. Уровень бездефектности $p$ при дефектах: – критических – значительных – малозначительных – средневзвешенных	Более 0,985 – “ – 0,96 – “ – 0,90 – “ – 0,97	0,96...0,985 0,90...0,96 0,75...0,90 0,92...0,97	Менее 0,96 – “ – 0,90 – “ – 0,75 – “ – 0,92
3. Уровень несоответствий $q$ , %, при дефектах: – критических – значительных – малозначительных – средневзвешенных	Менее 1,5 – ” – 4,0 – “ – 10,0 – “ – 3,0	1,5...4,0 4,0...10,0 10,0...25,0 3,0...8,0	Более 4,0 – “ – 10,0 – “ – 25,0 – “ – 8,0
4. Коэффициент бездефектности	Более 0,96	0,91...0,96	Менее 0,91
5. Показатель точности процесса $K_T$	Более 1,00	0,67...1,00	Менее 0,67
6. Показатель точности контроля $K_{TK}$	менее 0,2	0,2...0,5	Более 0,5
7. Надежность технологического процесса	$K_T > 1,00$ , $p$ – высокий, $K_{3T} \geq 0$	$0,67 \leq K_T \leq 1,00$ или $p$ – средний при $K_{3T} \geq 0$	$K_T < 0,67$ , или $p$ – низкий, или $K_{3T} < 0$
8. Показатели стабильности процессов $K_X$ и $K_S$	Более 0,75	0,50...0,75	Менее 0,50

Технологический процесс считается статистически управляемым по данному контролируемому параметру, если значения параметра имеют только случайные отклонения в пределах нормативного (проектного) допуска [3, 4]. При этом вычисляемые показатели бездефектности, точности и стабильности по данному параметру имеют значения выше среднего.

В противном случае принято говорить о расстройстве (неуправляемости) процесса, о чем свидетельствуют средние или низкие значения статистических показателей, указанных в табл. 6.2. В этом случае следует выявить при операционном контроле причины нестабильности точности и произвести соответствующую корректировку процесса или отдельных операций, настройку технологической оснастки, изменить методы и приемы производства работ.

По результатам оценки руководство строительной организации делает выводы о качестве работ и принимает соответствующие решения по корректировке процессов с учетом целей и обстоятельств контроля и оценки качества. Указанные в табл. 6.2 решающие правила оценки могут быть внесены в документы си-

стемы качества организации (стандарты предприятия, разработанные в соответствии с руководством по качеству).

## 7. ОЦЕНКА ПОКАЗАТЕЛЕЙ НАДЕЖНОСТИ ВОЗВЕДЕННЫХ КОНСТРУКЦИЙ

Вероятность безотказной работы (надежность) возведенной конструкции вычисляется по модели предельного состояния [5]

$$P = P\{R - F \geq 0\} \geq P_0, \quad (7.1)$$

где  $R, F$  — соответственно случайные величины обобщенной несущей способности и нагрузки;  $P_0$  — проектное значение вероятности безотказной работы конструкции.

В настоящее время в виду отсутствия нормативов надежности и достаточных данных о влиянии конструктивно-технологических параметров на безотказность, долговечность, ремонтпригодность конструкций зданий и сооружений составить полный регламент обеспечения количественных показателей конструктивной надежности не представляется возможным.

При введении соответствующих нормативных документов вместо  $P_0$  следует подставлять нормативное значение. Значения  $P_0$  для различных видов конструкций могут устанавливаться в контракте (договоре подряда). Для конструкций массового применения, отказ которых не влечет за собой внезапного (хрупкого) разрушения, рекомендуется назначать  $P_0=0,9986$ .

Поскольку конструктивный отказ несущих элементов зданий и сооружений является критическим, надежность несущих конструкции отождествляется со свойством безопасности. Безопасность характеризуется вероятностью отказа изготовленной конструкции

$$Q = P\{R - F < 0\} = 1 - P. \quad (7.2)$$

Согласно статистическим данным большинство случайных аргументов функции надежности подчиняются нормальному закону распределения, что позволяет применить для расчета надежности выражение

$$P = \Phi(z) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^z \exp\left(-\frac{x^2}{2}\right) dx, \quad (7.3)$$

где  $\Phi(z)$  — функция стандартного нормального распределения, значения которой в зависимости от  $z$  даны в таблице математических справочников;  $z$  — индекс надежности или характеристикой безопасности

$$Z = \frac{\bar{R} - \bar{F}}{\sqrt{S^2(R) + S^2(F)}}, \quad (7.4)$$

где  $\bar{R}, \bar{F}$  — средние значения  $R$  и  $F$ , вычисляемые подстановкой в соответствующие функции  $R=f(x_i)$  и  $F=\varphi(y_j)$  средних значений случайных аргументов  $x_i$  и  $y_j$ ;

$S(R)$ ,  $S(F)$  — стандартные отклонения соответственно несущей способности и нагрузки, определяемые по известной из теории случайных функций зависимости

$$S^2(R) = \sum_{i=1}^n \left( \frac{\partial f}{\partial x_i} \right)^2 \cdot S^2(x_i),$$

$$S^2(F) = \sum_{j=1}^k \left( \frac{\partial \varphi}{\partial y_j} \right)^2 \cdot S^2(y_j),$$
(7.5)

где  $S(x_i)$ ,  $S(y_j)$  — стандартные отклонения случайных аргументов  $x_i$  и  $y_j$  функций несущей способности и нагрузки соответственно.

В качестве показателей надежности могут быть также рассмотрены средние значения запаса несущей способности  $\bar{k}$  и коэффициента снижения несущей способности  $\bar{K}_R$ :

$$\bar{k} = \bar{R} / \bar{F},$$
(7.6)

где  $\bar{R}$ ,  $\bar{F}$  — соответственно средние величины несущей способности и нагрузки;

$$\bar{K}_R = \frac{\bar{R}}{\bar{R}_0} = \frac{\bar{k}}{\bar{k}_0},$$
(7.7)

где  $\bar{R}_0$  — средняя величина проектной несущей способности, рассчитанная при проектных значениях случайных аргументов;  $\bar{k}_0$  — проектный запас несущей способности.

Характеристика безопасности может быть выражена через коэффициент запаса  $\bar{K}$  и вариации прочности  $V_R$  и нагрузки  $V_F$ :

$$z = \frac{\bar{k} - 1}{\sqrt{V_F^2 + \bar{K}^2 V_R^2}}.$$
(7.8)

Подставив выражение (7.7) в (7.8) можно определить характеристику безопасности несущей конструкции с допущенными дефектами:

$$z = \frac{\bar{K}_R \bar{k}_0 - 1}{\sqrt{V_F^2 + (\bar{K}_R \bar{k}_0)^2 V_R^2}}.$$
(7.9)

Характеристика безопасности  $z$  и вычисляемая по формуле (7.3) вероятность безотказной работы обладают существенным недостатком — зависимостью от математической формулировки предельного состояния. Так для условий  $R-F \geq 0$  и  $R/F \geq 1$  получаются разные значения  $z$  и, следовательно, надежности. Указанный недостаток, а также неизбежные ошибки при использовании приближенных способов оценки надежности, не имеют существенного значения при использовании относительных показателей: снижения уровня надежности и увеличения риска отказа (снижения уровня безопасности).

Показатель снижения надежности

$$K_P = P/P_0, \quad (7.10)$$

где  $P_0$  — проектное значение надежности, полученное подстановкой в расчетные формулы (7.3–7.5) проектных значений параметров.

Показатель увеличения риска отказа конструкции (снижения уровня безопасности)

$$K_Q = \frac{Q}{Q_0} = \frac{1-P}{1-P_0}. \quad (7.11)$$

При установлении предельных значений  $K_Q$  из формул (7.10) и (7.11) получим нормированное значение

$$[K_P] = [K_Q] + \frac{[K_Q] - 1}{P_0}. \quad (7.12)$$

Для оценки показателей надежности и безопасности изготовленной строительной продукции предложены следующие решающие правила (табл. 7.1).

Таблица 7.1

Наименование показателя	Оценка показателя		
	выше среднего	средняя	ниже среднего
1. Коэффициент снижения несущей способности $K_R$ для оснований конструкций:			
— каменных	Более 0,95	0,95...0,90	Менее 0,90
— железобетонных	Более 0,85	0,85...0,70	Менее 0,70
— стальных	- " - 0,90	0,90...0,80	- " - 0,80
	- " - 0,95	0,95...0,90	- " - 0,90
2. Показатель увеличения риска отказа $K_Q$	Не более 1,0	1,0...10,0	Более 10,0
3. Показатель снижения надежности $K_P$	Более 0,99	0,99...0,91	Менее 0,91

В случае контрактного регулирования качества указанные критерии могут устанавливаться в контрактной документации (договоре или приложении к нему), а также в документах системы качества.

## 8. КОМПЛЕКСНЫЙ И ИНТЕГРАЛЬНЫЙ ПОКАЗАТЕЛИ КАЧЕСТВА СТРОИТЕЛЬСТВА

Комплексный показатель качества строительства вычисляется по формуле:

$$K_{СМР} = [0,3K_{СК} + 0,15(K_D + K_T) + 0,05(K_X + K_S) + 0,5(K_R + K_P)] / 1,7, \quad (8.1)$$

где  $K_{СК}$  — комплексный показатель, оценивающий систему качества строительства и вычисляемый по формуле (5.1);  $K_D$  — показатель бездефектности, определяемый по формуле (6.10) или принимаемый равным среднему уровню бездефектности  $P$ ;  $K_T$  — средний показатель точности технологических процессов

СМР, вычисляемый по формулам (6.11) или (6.12);  $K_X, K_S$  — показатели стабильности процессов по отношению соответственно к систематическим и случайным погрешностям, рассчитываемые по формулам (6.20), (6.22);  $K_R$  — коэффициент снижения несущей способности, см. формулу (7.7);  $K_P$  — показатель снижения конструктивной надежности, см. формулу (7.10).

Коэффициенты весомости в формуле (8.1) подобраны таким образом, чтобы влияние на результат вычислений  $K_{СМР}$  оказывали наибольшее влияние показатели надежности возведенных конструкций и уровень системы качества строительства. Значения этих коэффициентов могут устанавливаться в договоре подряда, документах системы качества в зависимости от целей контроля и оценки качества.

В зависимости от полученного значения  $K_{СМР}$  и вида конструкций качество выполненных СМР рекомендуется классифицировать по трем категориям (табл. 8.1).

Таблица 8.1

Вид конструкций	Оценка комплексного показателя качества		
	ниже среднего	средняя	выше среднего
Основания	Более 0,78	0,78...0,91	Менее 0,91
Каменные	- " - 0,72	0,72...0,89	- " - 0,89
Железобетонные	- " - 0,75	0,75...0,90	- " - 0,90
Стальные	- " - 0,78	0,78...0,91	- " - 0,91

Для смешенных конструктивных систем граничные значения  $K_{СМР}$  рассчитываются с учетом относительных объемов конструкций, составляющих конструктивную систему здания или сооружения. Возможна также отдельная оценка основания, фундамента и надземных конструкций с последующим осреднением оценки с учетом весомости групп показателей.

Решающие правила табл. 8.1 могут быть дополнены в зависимости от целей контроля и оценки качества. Например, независимо от полученного значения  $K_{СМР}$  итоговая оценка качества не может быть признана средней или высокой при низкой или неудовлетворительной оценке системы качества строительства или низких показателях надежности возведенных конструкций.

Интегральные показатели качества (ИПК) вычисляются с учетом затрат на качество, экономической эффективности результатов деятельности, целей управления качеством. Расчет ИПК предлагается производить по формуле:

$$ИПК = K_{СК} \cdot \sum_{i=1}^n \left( \frac{V_i \cdot K_D^i \cdot K_P^i}{V_{\Sigma} \cdot (1 + D_i / C_i)} \right), \quad (8.2)$$

где  $K_{СК}$  — оценка системы качества строительства, см. формулу (5.1);  $V_{\Sigma}$  — суммарный объем работ; далее показатели для  $i$ -го вида СМР:  $V_i$  — объем работ;  $K_D^i$  — показатель бездефектности, определяемый по формуле (6.10);  $K_P^i$  — показатель снижения надежности возведенных несущих конструкций, рассчитываемый по формуле (7.10),  $C_i$  — сметная стоимость СМР;  $D_i$  — дополнительные затраты на ликвидацию дефектов, допущенных при выполнении работ.

В зависимости от целей управления качеством указанный показатель может быть рассчитан для конструктивных элементов, частей сооружений, видов СМР,

объектов, строительных подразделений фирм. При этом в формулу (8.2) подставляют соответствующие значения объемов, показателей качества и затрат.

## 9. ОЦЕНКА КРИТИЧНОСТИ ДОПУЩЕННЫХ ДЕФЕКТОВ

Анализ критичности дефектов рекомендуется проводить на методологической основе анализа видов, последствий и критичности отказов (АВПКО), основные положения которого изложены в ГОСТ 27.310.

Критичность дефекта  $C_D$  рассчитывают как произведение  $C_D = D_1 \cdot D_2 \cdot D_3$ , где  $D_1$ ,  $D_2$ ,  $D_3$  — балльные оценки соответственно частоты, значимости и вероятности выявления дефекта. Указанные характеристики дефектов оцениваются баллами по табл. 9.1–9.3.

Таблица 9.1

Характеристика частоты дефекта	Вероятность дефекта	Оценка $D_1$ , балл
Очень редкий (дефект практически не наблюдается)	Менее 0,001	1–2
Редкий (маловероятный, но возможный дефект)	От 0,001 до 0,01	3–4
Возможный (вполне вероятный дефект)	От 0,01 до 0,1	5–6
Частый (высокая вероятность появления дефекта)	От 0,1 до 0,3	7–8
Очень частый (дефект наблюдается постоянно)	Более 0,3	9–10

Таблица 9.2

Характеристика последствий дефекта	Категория значимости	Оценка $D_2$ , балл
Незначительные. Дефект не приводит к ощутимым последствиям. Заказчик (потребитель), вероятно, не заметит несоответствия	V	1–2
Малозначительные. Последствия дефекта незначительны для заказчика (потребителя). Расходы по устранению последствий не существенны	IV	3–4
Значительные. Дефект приводит к заметному снижению эксплуатационных свойств. Расходы по устранению последствий ощутимые	III	5–6
Критические. Дефектная продукция не может быть использована по назначению, но не представляет угрозы безопасности	II	7–8
Катастрофические. Дефект представляет угрозу безопасности людей или окружающей среды. Необходима остановка производства и противоаварийные мероприятия	I	9–10

Таблица 9.3

Характеристика вероятности выявления дефекта	Вероятность выявления дефекта	Оценка $D_3$ , балл
Очень высокая вероятность обнаружения дефекта в результате операционного контроля	Более 0,90	1–2
Высокая вероятность обнаружения дефекта. Некоторые дефекты могут быть не обнаружены в результате операционного контроля	От 0,90 до 0,75	3–4
Умеренная вероятность выявления дефекта. Значительная часть дефектов не будет обнаружена при операционном контроле, но большее их число будет выявлено в результате приемочного контроля	От 0,75 до 0,50	5–6
Повышенная вероятность не обнаружить дефект. Приемочный контроль и испытания не гарантируют выявления дефекта	От 0,50 до 0,10	7–8
Очень высокая вероятность не обнаружить дефект. Дефект скрытый и, скорее всего, не будет выявлен	Менее 0,10	9–10

Для назначения нормативного уровня несоответствий  $NQL$  (предельного уровня дефектности) и риска подрядчика  $\alpha_0$  (риска ложного решения о браковке), которые используются для выбора планов статистического приемочного контроля, предлагается следующая классификация дефектов по категориям (табл. 9.4).

Таблица 9.4

Категория дефекта по степени риска	Значимость дефекта	$C_D$ , балл	$NQL$ , %	Риск $\alpha_0$
I (большой риск)	Критический	Более 100	1,5	0,01
II (средний риск)	Значительный	40...100	4,0	0,05
III (малый риск)	Малозначительный	Менее 40	10,0	0,10

После проведения оценки дефектов по табл. 9.1–9.4 рекомендуется выполнить их группировку в соответствии с частотно-значимой матрицей дефектов (табл. 9.5).

Таблица 9.5

Ожидаемая частота дефекта	Ранг дефекта при категории значимости				
	I	II	III	IV	V
Очень частый	A	A	A	B	C
Частый (вероятный)	A	A	B	B	C
Возможный	A	B	B	C	C
Редкий (маловероятный)	A	B	C	C	D
Очень редкий	B	C	C	D	D

В зависимости от ранга дефекта, присвоенного по правилу табл. 9.4, делаются следующие выводы, значимые для процессов управления качеством:

*A* — обязателен углубленный количественный анализ. Причины дефекта подлежат безусловному устранению при проектировании (изменение конструкции, увеличение запасов прочности, устойчивости и т.д.);

*B* — желателен количественный анализ. Причины дефекта должны быть дополнительно изучены и приняты решения по изменению проекта, технологии, планов контроля и т.п.;

*C* — возможно ограничиться качественным анализом, в результате которого определяются причины дефекта и разрабатываются соответствующие корректирующие мероприятия;

*D* — анализ не требуется. Причины дефекта фиксируются и принимаются меры по их устранению.

Результаты анализа критичности дефектов сводят в рабочий лист. Пример рабочего листа анализа дефектов каменных работ приведен в табл. 9.6.

Таблица 9.6

Вид дефекта каменных работ	Балльные оценки				Ранг дефекта	Категория риска
	$D_1$	$D_2$	$D_3$	$C_D$		
1. Снижение прочности камня	3	10	9	270	<i>A</i>	I
2. Снижение прочности раствора	3	9	9	243	<i>A</i>	I
3. Уменьшение степени армирования	5	9	4	180	<i>A</i>	I
4. Уменьшение глубины опирания конструкций	4	10	5	200	<i>A</i>	I
5. Дефекты анкеровки конструкций	3	8	9	216	<i>B</i>	I
6. Нарушение системы перевязки	5	9	2	90	<i>A</i>	II
7. Утолщение растворных швов	7	6	2	84	<i>B</i>	II
8. Неполное заполнение швов	5	6	3	90	<i>B</i>	II
9. Неровности поверхности кладки	6	2	2	24	<i>C</i>	III
10. Несоответствие эстетическим требованиям	7	1	1	7	<i>C</i>	III

Сводные результаты анализа позволяют оперативно оценить критичность дефектов, выполнить их ранжирование, назначить характеристики статистического контроля качества (см. раздел 6), обосновать программу превентивных мероприятий по предупреждению дефектов.

## 10. УПРОЩЕННЫЙ МЕТОД ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА СТРОИТЕЛЬСТВА

Упрощенную оценку качества строительно-монтажных работ рекомендуется производить по индексу качества, вычисляемому по формуле

$$Q = \prod_{k=1}^m (q_k)^{V_k}, \quad (10.1)$$

где  $q_k$  — уровень бездефектности  $k$ -го вида работ;  $m$  — число различных видов работ;  $v_k$  — относительный объем  $k$ -го вида работ (коэффициент весомости), определяемый в денежном выражении или по трудозатратам.

При изготовлении конструкций различного вида в формулу (10.1) могут подставляться значения  $q_k$  работ для каждого вида возводимых конструкций. При этом коэффициенты весомости  $v_k$  могут вычисляться по относительным объемам работ в натуральном выражении.

Уровень бездефектности  $k$ -го вида работ определяется из выражения

$$q_k = \frac{\sum_{i=1}^n q_{ki}}{n_k}, \quad (10.2)$$

где  $q_k$  — уровень бездефектности по  $i$ -му контролируемому параметру  $k$ -го вида работ;  $n_k$  — количество контролируемых параметров  $k$ -го вида работ.

Уровень бездефектности по  $i$ -му контролируемому параметру в простейшем случае определяется по формуле

$$q_{ki} = 1 - \frac{d}{N}, \quad (10.3)$$

где  $d$  — число несоответствующих значений параметра;  $N$  — объем выборки.

Уровень бездефектности рекомендуется определять статистическими методами с учетом объемов выборки и заданной доверительной вероятности (см. раздел 6). При этом уровень бездефектности равен площади под кривой плотности распределения случайных значений параметра, ограниченной нормативным допуском.

Доверительная вероятность при расчете уровня бездефектности статистическими методами принимается в зависимости от опасности рассматриваемого дефекта. Рекомендуются следующие значения доверительной вероятности расчетов:

критический дефект (несоответствие характеристик материалов) ..... 0,99;  
 значительный дефект (несоответствие геометрических параметров) ...0,95;  
 малозначительный дефект (дефекты поверхности и др.) .....0,90.

Приемочный уровень бездефектности по отдельному контролируемому показателю рекомендуется назначать в зависимости от значимости дефектов:

критический ..... 0,985 (уровень несоответствий 1,5%);  
 значительный .....0,96 (уровень несоответствий 4,0%);  
 малозначительный .....0,90 (уровень несоответствий 10,0%).

Для отнесения выполненных работ к одной из категорий качества рекомендуются следующие решающие правила (см. табл. 6.2):

выше среднего (высокое).....  $Q > 0,97$ ;  
 среднее .....  $0,92 \leq Q \leq 0,97$ ;  
 ниже среднего (низкое).....  $Q < 0,92$ .

**Пример.** Необходимо определить индекс качества выполненных бетонных работ на двух объектах. Для каждого объекта определены уровни бездефектно-

сти отдельных видов работ  $q_k$  и объемы работ  $V$ . Исходные данные для расчета приведены в табл. 10.1.

Таблица 10.1

Виды работ	Объект №1		Объект №2	
	$q_k$	$V, \text{ м}^3$	$q_k$	$V, \text{ м}^3$
1. Возведение монолитного фундамента	0,75	100	0,70	150
2. Возведение монолитных стен	0,84	600	0,85	1200
3. Возведение монолитных перекрытий	0,78	300	0,82	650

Уровни бездефектности по отдельным видам работ рассчитываются по формуле (10.2) как средние арифметические значения по соответствующим группам контролируемых показателей. Например, уровень бездефектности возведения монолитного фундамента на объекте №1 получен из следующих усредненных данных по бездефектности:

показатели прочности бетона ..... 0,98;

показатели армирования ..... 0,99;

показатели геометрии ..... 0,65;

показатели качества поверхностей ..... 0,38.

По формуле (10.2) найдем уровень бездефектности возведения фундамента и запишем в табл. 10.1.

$$q_k = (0,98 + 0,99 + 0,65 + 0,38) / 4 = 0,75.$$

Аналогично рассчитывают уровни бездефектности по каждому виду работ.

Далее определяют относительные объемы каждого вида работ (коэффициенты весомости) для объекта №1:

$$v_1 = \frac{100}{100 + 600 + 300} = \frac{100}{1000} = 0,1; \quad v_2 = \frac{600}{1000} = 0,6; \quad v_3 = \frac{300}{1000} = 0,3.$$

Индекс качества бетонных работ для объекта №1 определяем по формуле (10.1):

$$Q = 0,75^{0,1} \cdot 0,84^{0,6} \cdot 0,78^{0,3} = 0,972 \cdot 0,901 \cdot 0,928 = 0,75.$$

Для объекта №2 аналогично получаем коэффициенты весомости и индекс качества:

$$v_1 = \frac{150}{150 + 1200 + 650} = \frac{150}{2000} = 0,075; \quad v_2 = \frac{1200}{2000} = 0,6; \quad v_3 = \frac{650}{2000} = 0,325.$$

$$Q = 0,70^{0,075} \cdot 0,85^{0,6} \cdot 0,82^{0,325} = 0,974 \cdot 0,907 \cdot 0,938 = 0,83.$$

Таким образом, индекс качества бетонных работ на объекте №2 превышает аналогичный показатель на объекте №1 на 10,7%. При этом средние арифметические индексы качества на обоих объектах одинаковы:  $(0,75 + 0,84 + 0,78) / 3 = (0,70 + 0,85 + 0,82) / 3 = 0,79$ .

По решающему правилу (см. выше) качество бетонных работ на объекте №1 среднее, на объекте №2 — выше среднего.

## 11. ИНЖИНИРИНГ КАЧЕСТВА

Совокупность методов и инструментов качества, используемых для управления качеством, называют **инжинирингом качества**. Методологической основой инжиниринга качества является современная концепция менеджмента качества, сформулированная в международных стандартах ИСО серии 9000 (см. раздел 3).

Методы инжиниринга включают:

1. Статические методы контроля и управления качеством (SQC – Statistical Quality Control), изложенные в разделе 6.

2. Семь основных инструментов контроля качества:

- контрольный листок;
- гистограмма;
- диаграмма разброса (рассеивания);
- стратификация (расслаивание данных);
- диаграмма Парето;
- причинно-следственная диаграмма (Исикавы);
- контрольные карты.

3. Семь основных методов управления качеством:

- диаграмма сродства;
- диаграмма связей;
- древовидная диаграмма;
- матричная диаграмма;
- стрелочная диаграмма;
- диаграмма процессов;
- матрица приоритетов.

4. Структурирование (развертывание) функции качества (QFD-Quality Function Deployment).

5. Анализ видов и последствий отказов (FMA-Failure Mode and Effect Analysis). Пример анализа дефектов по методике FMA приведен в разделе 9.

6. Методы Тагути (Taguchi methods).

7. Методы нечетной логики (Fuzzy Logic).

8. Методология «шесть сигм» (Six Sigma).

Эффективность применения перечисленных методов на различных стадиях жизненного цикла строительной продукции показана на рис. 11.1

Каждый из перечисленных выше методов инжиниринга качества реализует один или несколько аспектов системного подхода [6]. Системой считается совокупность элементов, суммарное свойство которых не сводится к свойствам отдельных элементов (принцип эмерджентности). Систему можно рассматривать как объединение элементов, связей между элементами, при этом свойства и функции отдельных элементов определяют параметры и функцию системы в целом. В этом смысле методы и инструменты управления качеством рассматривают отдельные системные аспекты проблемы качества (табл. 11.1).

Методам Тагути, нечеткой логики, методологии «шесть сигм», посвящена специальная литература [7–10]. Основные инструменты и методов управления качеством, а также развертывание функции качества будут рассмотрены далее.

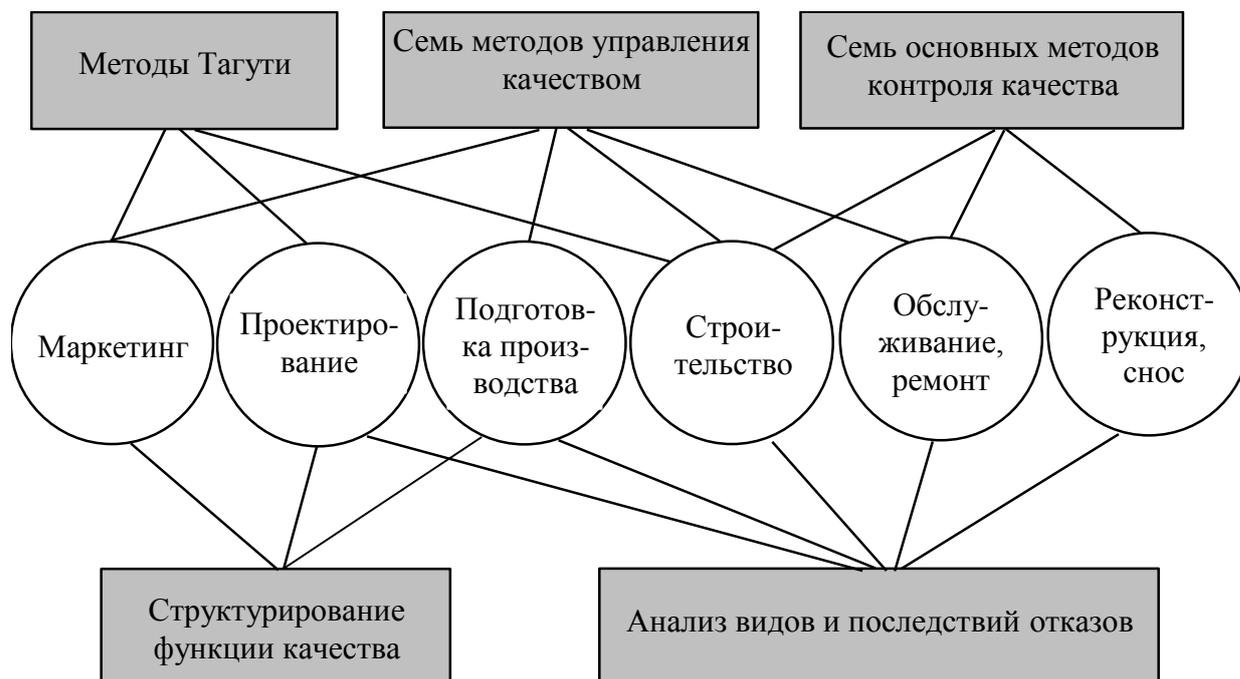


Рис. 11.1. Применение методов инжиниринга качества

Таблица 11.1

Компоненты системного подхода	Методы менеджмента качества	Назначение методов
1. Элементный анализ, анализ связей	Диаграмма средства, диаграмма связей, статистические методы	Анализ множества данных, выделение нужных элементов и связей между ними
2. Структурный анализ	Древовидная диаграмма, диаграмма Исикавы	Построение структуры изучаемой системы
3. Параметрический анализ	Развертывание функции качества, статические методы	Назначение параметров качества, удовлетворяющих потребительским требованиям
4. Функциональный анализ	Матричная диаграмма, диаграмма приоритетов функционально-стоимостной анализ (ФСА)	Определение важности (ценности, функций) элементов и связей
5. Стоимостный анализ	Анализ затрат на качество, ФСА, методы Тагути	Оценка стоимости качества (функций), повышение эффективности
6. Анализ развития (функционирования)	Диаграмма планирования процесса, стрелочная диаграмма, статистические методы	Планирование этапов функционирования и сроков осуществления проекта, контроль за процессами
7. Анализ внешнесистемных взаимодей-	Анализ видов, последствий и критичности отказов; анализ	Обеспечение требований безопасности общества и окру-

ствий (среда–система–человек)	надежности, безопасности и экологичности	жающей среды
-------------------------------	--	--------------

## 12. ОСНОВНЫЕ ИНСТРУМЕНТЫ КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА

Семь основных инструментов контроля качества, рассматриваемых ниже, по мнению японских специалистов позволяют решать 95% всех проблем производства [3, 11]. Поэтому знание этих инструментов должно стать частью стандартного образования любого инженера. В Японии методам контроля качества обучают не только инженеров, но и простых рабочих, которые успешно применяют их в работе кружков качества, обеспечивая непрерывное совершенствование продукции при одновременном снижении производственных затрат. Область применения инструментов контроля качества показана на рис. 12.1.

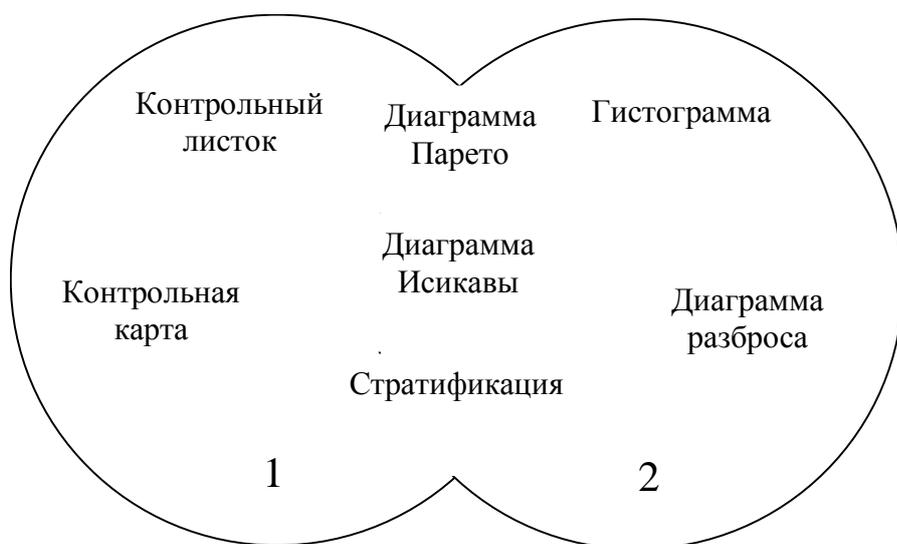


Рис. 12.1.  
Области применения инструментов качества:  
1 — выявление проблем;  
2 — анализ проблем.

**Контрольный листок** — инструмент для сбора данных с целью их обработки. Контрольный листок выполняется в виде бланка с заранее напечатанными контролируемыми параметрами и условиями контроля (дата, исполнитель, участок работ и т.д.). В готовую форму заносятся данные контроля посредством простых пометок (символов).

В зависимости от цели контроля применяют различные виды контрольных листов [3]: для регистрации распределения измеряемого параметра, вида или локализации дефектов, причин несоответствий и т.д.

Далее приведен пример заполнения контрольного листка вида дефектов при герметизации стыков наружных стеновых панелей (табл. 12.1).

**Контрольная карта** впервые была предложена в 1924 году Шухартом. Карта представляет собой временной ряд данных контроля (измеренных значений характеристик) со статистически определенными верхними и нижними границами. Логика работы с контрольными границами следующая: если точки на карте лежат внутри контрольных границ, то считается, что все колебания точек объясняются случайными факторами, а процесс находится в контролируемом состоянии. Если же одна или несколько точек выходят за контрольные границы, то считается, что такие отклонения не могут произойти случайно, то есть здесь имеет

место воздействие неслучайного фактора. Выход параметра за контрольные границы является сигналом для остановки процесса, выявления причины и соответствующей корректировки (настройки) процесса.

Таблица 12.1

Объект: \_\_\_\_\_ Время: \_\_\_\_\_ Контролер: \_\_\_\_\_

Контролируемый параметр	Отметки	Частота
1. Сверхнормативные отклонения ширины зазора между панелями (10...30 мм)	//// //	7
2. Отсутствие оштукатурки устья стыка (дефект изготовления)	///	3
3. Неплотная приклейка воздухоизоляционной ленты	//// ////	9
4. Недостаточное обжатие уплотняющих прокладок (не менее 20%)	//// /	6
5. Отклонение толщины нетвердеющей мастики свыше проектного значения (20±5 мм)	//	2
6. Отклонение толщины защитного слоя покрытия свыше Проектного значения (10±2 мм)	////	4

Примечание. Отмечать так: /, //, ///, ////, ////, /, //, ....

Пример контрольной карты с возможными ситуациями нарушения нормального течения технологического процесса по контролируемому параметру показан на рис. 12.2.

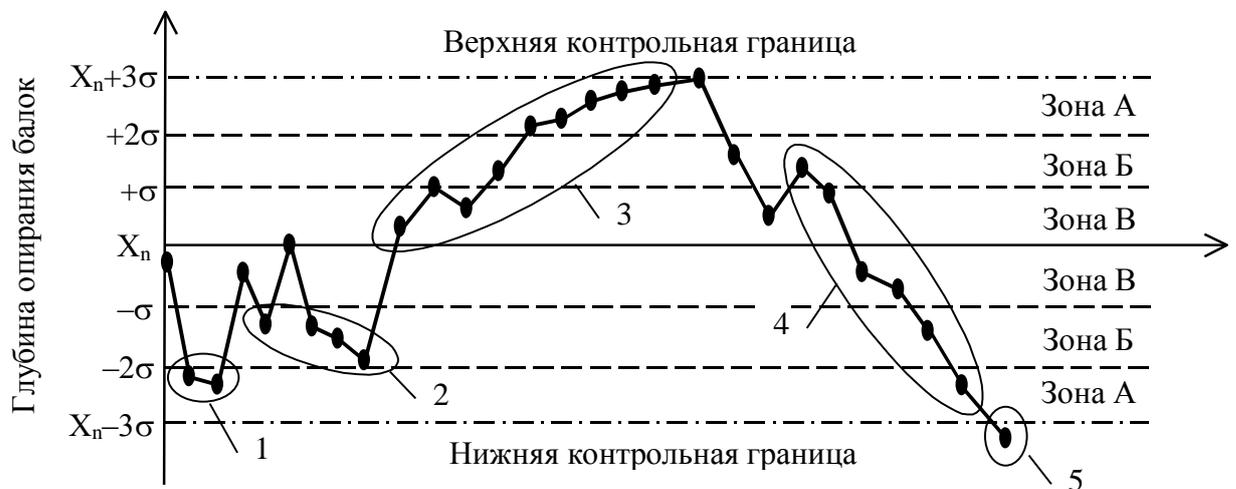


Рис. 12.2. Пример контрольной карты с изображением некоторых ситуаций контроля: 1, 2 — раннее предупреждение о разладке процесса; 3, 4 — признаки сдвига среднего значения; 5 — критический дефект (требуется демонтаж конструкции).

Процесс подлежит корректировке при реализации следующих маловероятных событий, которые трактуются как неслучайные нарушения нормального течения процесса (см. рис. 12.2):

две точки из трех смежных находятся в зоне А (вероятность 0,153%);

четыре точки из пяти находятся по одну сторону от  $X_n$  в зоне Б и далее (вероятность 0,277%);

девять последовательных точек находятся по одну сторону от  $X_n$  (вероятность 0,781%);

шесть последовательных точек возрастают или нисходят (вероятность 0,139%);

14 точек в ряду колеблются вверх и вниз;

15 точек в ряду находятся в зоне  $B$  (по обе стороны от средней оси).

Перечисленные ситуации нарушения системы случайных причин естественной вариации технологических процессов свидетельствуют о:

начале разладки процесса (ситуации 1 и 2 на рис. 12.2);

неслучайном сдвиге среднего значения (ситуации 3 и 4);

действии двух систематически изменяющихся причин (ситуация 5);

более низкой изменчивости по сравнению с ожидаемой и возможности сужения контрольных границ (ситуация 6).

Согласно ГОСТ Р 50779.40–96 (ИСО 7870–93) «Контрольные карты. Общее руководство и введение» различают несколько видов контрольных карт (КК) для количественных и качественных данных:

а)  $\bar{x}$ - и  $R$ -карты (для выборочных средних  $\bar{x}$  и размахов  $R$ ). При этом медиана может быть использована вместо  $\bar{x}$ , а стандартное отклонение  $S$  вместо  $R$ ;

б)  $p$ -карта (КК процентов или долей несоответствий);

в)  $np$ -карта (КК числа несоответствующих единиц продукции);

г)  $c$ -карта (КК числа несоответствий);

д)  $u$ -карта (КК числа несоответствий, приходящихся на единицу продукции  $u=c/n$ );

е)  $Q$ -карта (КК взвешенного качества, определяемого методом весовых коэффициентов).

Разработаны и другие разновидности КК. Выбор той или иной разновидности КК зависит от вида данных (количественные или качественные), объема выборки, постоянства или изменчивости объема мгновенных выборок.

**Диаграмма разброса** позволяет определить вид и тесноту связи между двумя параметрами (показателями качества или факторами, влияющими на качество).

Рассмотрим условный пример диаграммы разброса между прочностью бетона и маркой цемента (рис. 12.3) при объеме выборки  $n=20$ . Для определения частоты значений параметра в интервалах 0...10%, 10...20%, 20...30% из начала координат можно провести лучи и путем подсчета точек между прямыми определить соответствующие частоты.

Для математической оценки тесноты связи двух параметров используют коэффициент корреляции:

$$r = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}} . \quad (12.1)$$

При  $r = 0$  параметры  $x$  и  $y$  считаются независимыми, при  $r = 1$  наблюдается прямая линейная зависимость, при  $r = -1$  — обратная линейная зависимость.

Возможные типичные варианты рассеивания точек, свидетельствующие о различных видах корреляционных зависимостей, показаны на рис. 12.4.

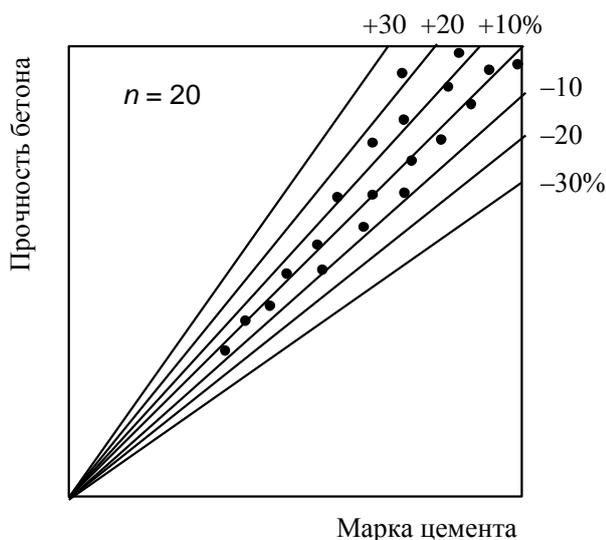


Рис. 12.3. Диаграмма разброса (рассеивания)

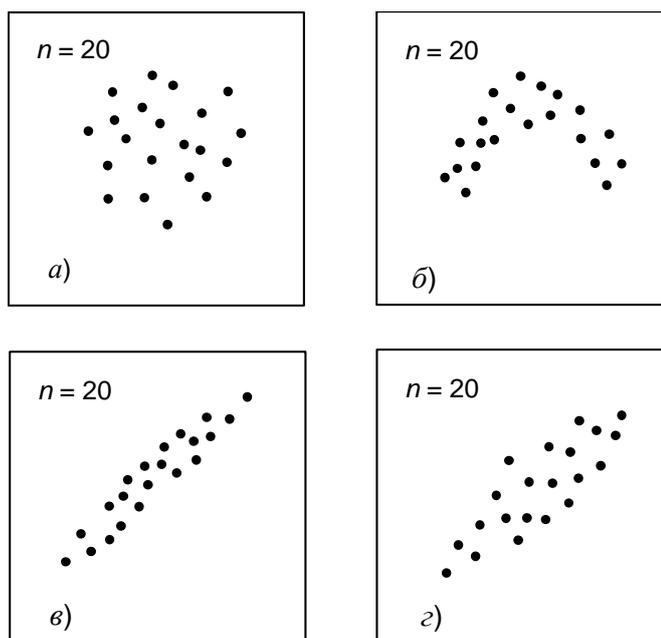


Рис. 12.4. Типы диаграмм разброса:  
*а* — отсутствие корреляции; *б* — криволинейная корреляция;  
*в* — прямая корреляция; *г* — легкая прямая корреляция.

В случае сильной положительной или отрицательной корреляции может быть построена линия регрессии  $y = \alpha + \beta x$ , где  $x, y$  — изучаемые параметры,  $\alpha$  — константа,  $\beta$  — коэффициент регрессии, задающий угол наклона аппроксимирующей прямой. Значения  $\alpha$  и  $\beta$  могут быть найдены методом наименьших

квадратов, обеспечивающим наибольшее приближение теоретической модели к фактической зависимости.

Таким образом, диаграмма рассеивания служит исходным пунктом для корреляционного и регрессионного анализа.

**Гистограмма** — инструмент, позволяющий графически представить закон распределения статистических данных. Преимущества гистограммы заключаются в возможности визуальной оценки: закона распределения случайной величины; расположения статистических данных в пределах допуска; случайных выбросов результатов контроля процессов.

Пример построения обычного типа гистограммы приведен на рис. 12.5. Различные виды гистограмм, характеризующих особенности распределения частот случайного параметра, представлены на рис. 12.6.



Рис. 12.5. Гистограмма прочности бетона

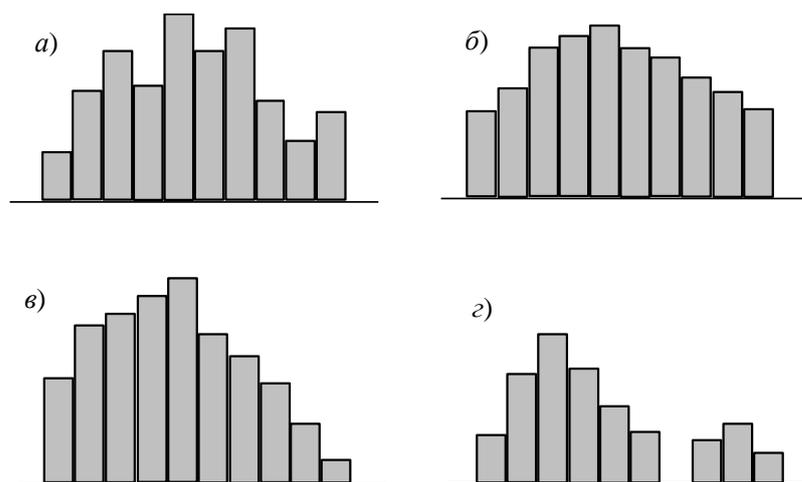


Рис. 12.6. Виды гистограмм:

*a* — «гребенка»; *б* — «плато»; *в* — скошенная; *г* — с изолированным пиком

Гистограмма «плато» (рис. 12.6,*б*) встречается, когда смешиваются несколько распределений, имеющих различные средние. Распределение с изолированным пиком (рис. 12.6,*г*) появляется при наличии малых включений из данных

другого распределения, в случае нарушения нормального процесса или появления ошибки измерения.

**Причинно-следственная диаграмма** (диаграмма Исикавы, диаграмма причин и результатов) — инструмент выявления наиболее существенных факторов (причин), влияющих на конечный результат (следствие). Диаграмма предложена в 1953 году проф. Токийского университета К. Исикава. Пример построения диаграммы причин, влияющих на качество, показан на рис. 12.7.

**Диаграмма Парето** — это особая форма столбчатого графика, который позволяет классифицировать проблемы качества по степени важности и определить приоритетные направления для решения этих проблем.

Различают два вида диаграмм Парето:

- по результатам деятельности (качество, стоимость, сроки поставок и т.д.);
- по причинам (машины, материалы, исполнители, технология, измерения).

Рассмотрим пример построения диаграммы причин нарушений требований к качеству возведения крупнопанельного жилого дома. Диаграмма строится на основе статистических данных распределения причин несоответствий по каждому контролируемому параметру (табл. 12.2).

Таблица 12.2

№ параметра	Доля бездефектности	Доля дефектности	Индексы причин несоответствий	Удельный вес от общего числа наблюдений причины с индексом				
				A1	A2	A3	A4	B1
1.	0,99	0,01	B2	–	–	–	–	0,01
2.	0,99	0,01	B2	–	–	–	–	0,01
3.	0,57	0,43	A2, A3	–	0,43	0,43	–	–
4.	0,26	0,74	A2, A3	–	0,74	0,74	–	–
5.	0,91	0,09	A2, A3	–	0,09	0,09	–	–
6.	0,63	0,37	A1, B2	0,37	–	–	–	0,37
7.	0,80	0,20	A1	0,20	–	–	–	–
8.	0,35	0,65	A1, B2	0,65	–	–	–	0,65
9.	0,80	0,20	A1	0,20	–	–	–	–
10.	0,90	0,10	A1, B2	0,10	–	–	–	0,10
11.	0,33	0,67	A1, B2	0,67	–	–	–	0,67
12.	0,85	0,15	A1, A4	0,15	–	–	0,15	–
13.	0,70	0,30	A1	0,30	–	–	–	–
14.	0,70	0,30	A1	0,30	–	–	–	–
15.	0,90	0,10	A1, A4	0,10	–	–	0,10	–
16.	0,90	0,10	A1, A4	0,10	–	–	0,10	–
17.	0,80	0,20	A1	0,20	–	–	–	–
18.	0,70	0,30	A1	0,30	–	–	–	–
19.	0,00	1,00	B2	–	–	–	–	1,00
20.	0,90	0,10	B2	–	–	–	–	0,10
21.	0,47	0,53	A1	0,53	–	–	–	–
Итого				4,17	1,26	1,26	0,35	2,91
Удельный вес причин, %				41,9	12,7	12,7	3,5	29,2

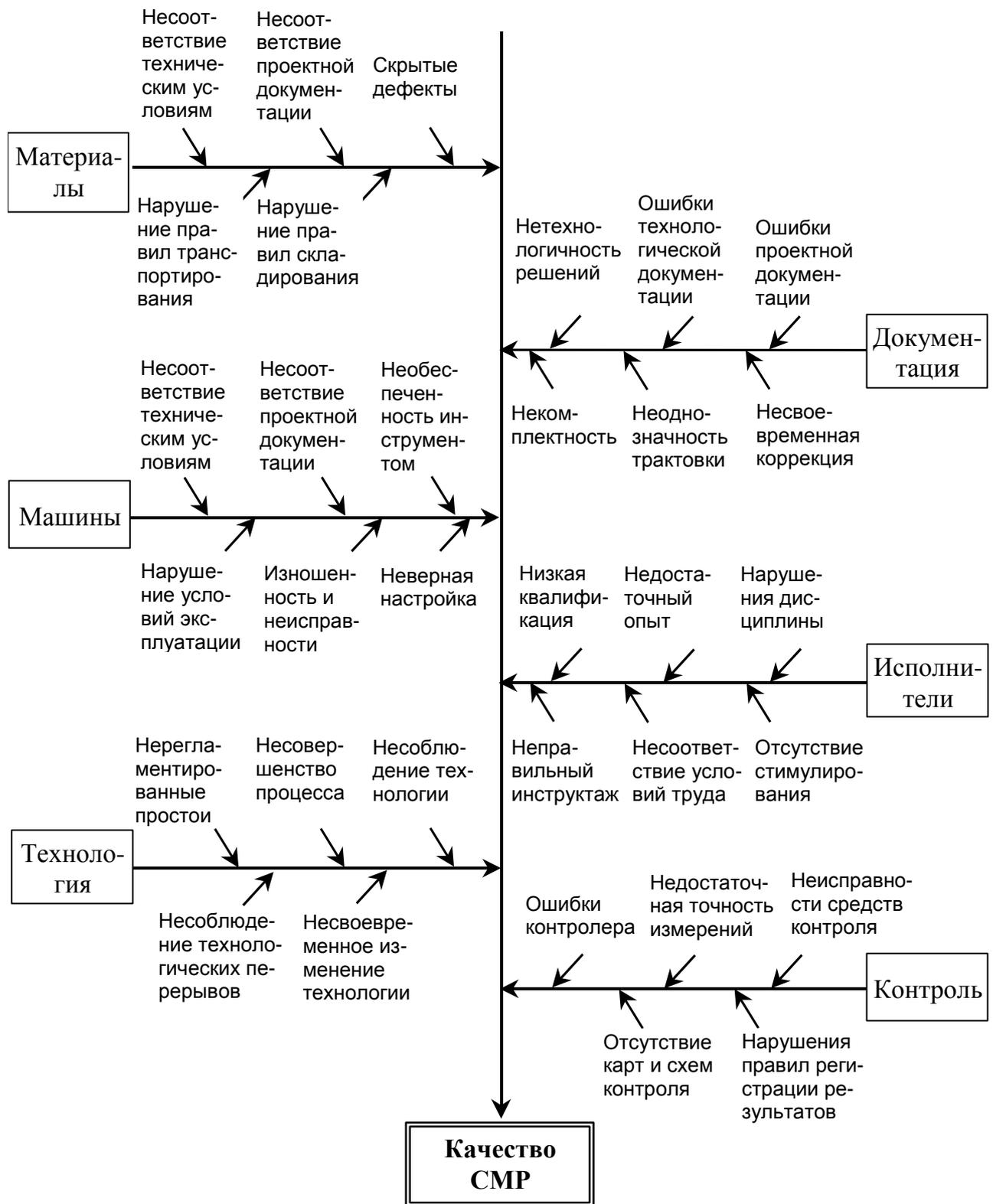


Рис. 12.7. Причинно-следственная диаграмма факторов, влияющих на качество

Таким образом, распределение удельного веса причин несоответствий следующее:

нарушение производственно-технологической дисциплины (А1) ..... 41,9%;  
 несоответствие нормативным требованиям изделий, материалов (Б1).....9,2%;  
 несовершенство технологического процесса (А2).....12,7%;  
 неудовлетворительный контроль качества (А3) .....12,7%;  
 отсутствие материалов, изделий, предусмотренных проектом (А4)..... 3,5%.

Диаграмма Парето строится следующим образом. На горизонтальной оси указываются индексы причин, а на вертикальной — их удельный вес, по мере уменьшения (рис. 12.8). Суммируя последовательно высоту всех столбиков гистограммы, строят кумулятивную кривую накопленных процентов.

Из анализа полученной диаграммы Парето следует, что двумя основными причинами дефектов являются нарушения производственно-технологической дисциплины и несоответствие нормативным требованиям изделий и материалов. Этими причинами обуславливаются более 70% дефектов СМР.

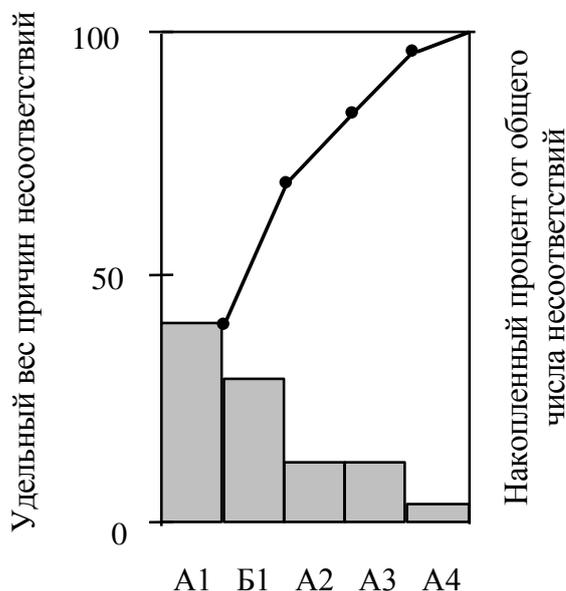


Рис. 12.8. Диаграмма Парето по причинам несоответствий

**Стратификация** — это расслаивание данных по слоям (стратам) с целью анализа проблем качества. Факторами расслаивания в производственных процессах могут быть, например, так называемые 5М-факторы, зависящие от человека (man), машины (machine), материала (material), метода (method), измерения (measurement). В этом случае расслаивание производится:

- по исполнителям (квалификация, стаж, возраст и др.);
- по машинам и оборудованию (тип, марка, износ и т.д.);
- по материалу (завод-производитель, партия, качество сырья и т.д.);
- по технологии работ (метод, механизация, условия производства и др.);
- по измерению (метод, объем, тип и точность измерительного средства и т.д.).

В табл. 12.3 приведен пример данных стратификации видов дефектов сварочных работ по исполнителям.

Таблица 12.3

Виды дефектов	Исполнители			Сумма по дефекту	Примечание
	Иванов	Петров	Сидоров		
1. Нечистый шов	8	7	12	27	53% дефектов допустил Сидоров
2. Отклонение размеров	2	3	6	11	
3. Кратер	1	2	4	7	
4. Непровар	—	1	2	3	
5. Подрез	2	1	4	7	
6. Разрывы	—	—	1	1	
7. Прочность	—	—	1	1	
Сумма по исполнителю	13	14	30	57	
В процентах	23	24	53	100	

Расслоение данных о качестве сварочных работ в данном случае позволило выявить главного виновника большинства обнаруженных дефектов. Для наглядности расслоение может быть выполнено на гистограмме, диаграмме рассеивания.

### 13. ОСНОВНЫЕ МЕТОДЫ УПРАВЛЕНИЯ КАЧЕСТВОМ

Семь основных инструментов контроля качества, рассмотренные в предыдущем разделе, используются, главным образом, для анализа численных данных. Однако на начальном этапе проектирования качества часто приходится иметь дело не с числовой информацией, а с лингвистическими данными в виде утверждений, предположений, нечетких суждений потребителей и экспертов. Для анализа фактов различного рода союз японских ученых и инженеров предложил набор методов, получивших название семи инструментов управления качеством [11, 12].

К этим семи инструментам управления относятся:

- диаграмма сродства (affinity diagram);
- диаграмма связей (interrelations hip diagram);
- древовидная диаграмма (tree diagram);
- матричная диаграмма (matrix diagram);
- стрелочная диаграмма (arrow diagram);
- диаграмма процессов осуществления программы (PDPC — process decision program chart);
- матрица приоритетов (matrix data analysis).

**Диаграмма сродства** — это инструмент, позволяющий классифицировать (объединять в классы) большое количество устных данных по принципу сродства. Примером такой классификации может служить объединение элементов системы качества в группы (см. табл. 5.1).

**Диаграмма связей** позволяет выявить логические связи различных данных с какой-либо основной проблемой. В отличие от ассоциативных (творческих) принципов, используемых в диаграмме сродства, диаграмма связей является

скорей логическим инструментом, устанавливающим причинно-следственные взаимосвязи. Поэтому она схожа с диаграммой Исикавы, рассмотренной в предыдущем разделе.

**Древовидная диаграмма** — инструмент, определяющий систематический путь разрешения существующей проблемы. Если диаграмма сродства дает нам некоторый, еще плохо структурированный, набор данных, диаграмма связей показывает связи между элементами, то древовидная диаграмма служит для формирования из взаимосвязанных данных некоторой структуры. На рис. 13.1 показан пример построения дерева потребительских требований к свойствам кровли, как результата кровельных работ.

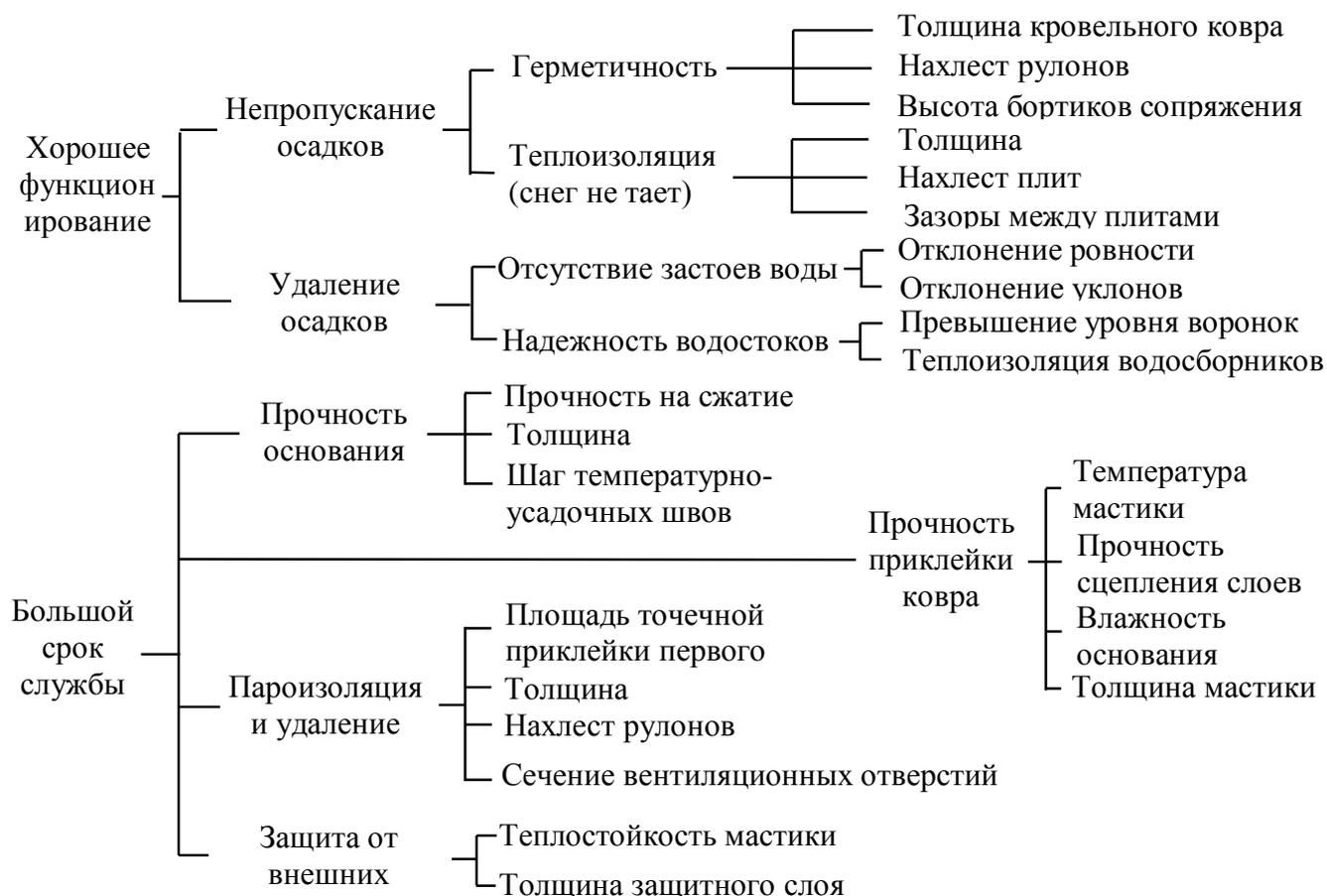


Рис. 13.1. Древовидная диаграмма связи потребительских требований с параметрами качества кровельных работ

Древовидная диаграмма применяется при обосновании номенклатуры показателей качества, когда строится дерево свойств объекта или процесса.

**Матричная диаграмма** — инструмент, выявляющий важность различных связей. Матричную диаграмму называют также матрицей связей или таблицей качества. Задача этого инструмента — определить корреляцию (тесноту взаимосвязей) между исходными требованиями, целями и характеристиками (параметрами) продукции или процесса. Тем самым устанавливается важность каждого параметра или показателя качества. Таким образом, построение матрицы связей — один из простых и наиболее наглядных методов определения весо-

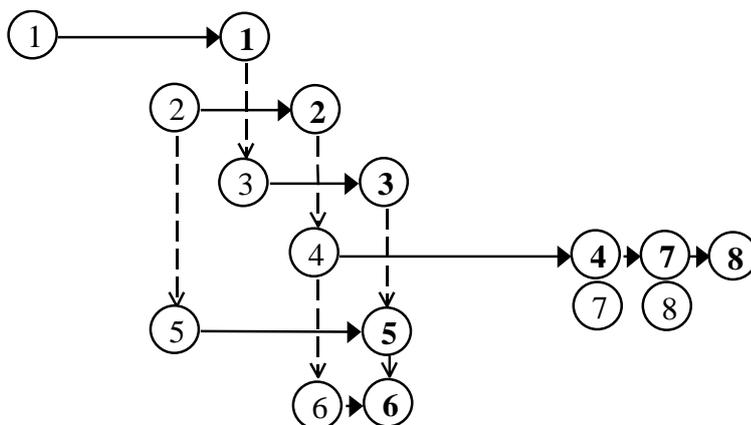
сти факторов качества. Матричная диаграмма является составной частью методологии развертывания функции качества (см. раздел 14).

**Стрелочная диаграмма** — инструмент планирования и контроля очередности и продолжительности работ по достижению поставленной цели. Различают два вида диаграммы работ: диаграмма Ганта (Gantt diagram), которая известна строителям как линейный календарный график, и сетевой граф. На рис. 13.2, 13.3 изображены график Ганта и сетевой график устройства рулонной кровли.

Вид работ	Календарь (смены)									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1. Устройство основания	=====>									
2. Устройство пароизоляции			=====>							
3. Укладка плит теплоизоляции			=====>							
4. Устройство водоизоляционного ковра				=====>						
5. Устройство водостоков			=====>							
6. Устройство вентиляции подкранового пространства				=====>						
7. Испытание кровли								=====>		
8. Сдача–приемка кровли									=====>	

Рис. 13.2. Стрелочная диаграмма Ганта устройства рулонной кровли

Рис. 13.3. Сетевой граф устройства рулонной кровли:  
 1...8 — начало работ;  
 1...8 — окончание работ



**Диаграмма процессов** осуществления программы (PDPC) — наглядное представление последовательности действий и решений при планировании и контроля исполнения программы. Известно несколько разновидностей PDPC: в виде блок–схемы (например, алгоритм расчетной программы); в виде диаграммы процессов и др.

Для различных видов диаграмм PDPC используются наглядные схемы в виде блоков из простых геометрических фигур, инженерные символы, рисунки (см. рис. 2.1, 4.1). По своей сути все эти диаграммы направлены на изучение процесса выполнения некоторой программы и реализуют, таким образом, процессорный подход, как один из главнейших принципов менеджмента качества по ИСО 9000:2000 (см. раздел 3).

**Матрица приоритетов** — инструмент для обработки большого количества числовых данных, полученных при построении матричных диаграмм, с целью выявления приоритетных данных. Этот инструмент управления основан на статистическом методе анализа важнейших компонентов (principal component analysis), являющимися одним из основных методов анализа многовариантных данных. В виду своей сложности матрица приоритетов редко используется в практике управления качеством и в данном пособии не рассматривается.

## 14. РАЗВЕРТЫВАНИЕ ФУНКЦИИ КАЧЕСТВА

Рассмотренные выше семь инструментов управления качеством широко используются для преобразования нечетких требований потребителя в параметры качества, которые можно непосредственно измерить. Эта процедура последовательного преобразования требований потребителей в контролируемые параметры продукции, проектирования, процессов производства и обслуживания получила название развертывание функции качества (QFD — Quality Function Deployment).

QFD является оригинальной японской методологией, которая до некоторого времени была засекречена и лишь в 1983 году опубликована на английском языке [11]. QFD — это комплексный метод, объединяющий несколько инструментов управления качеством, направленных на развертывание нужд и пожеланий потребителей. При этом цели, функции и операции деятельности строительной фирмы структурируются таким образом, чтобы гарантировать получение конечного результата, соответствующего ожиданиям потребителя (заказчика). Степень удовлетворенности потребителя во многом зависит от тщательности выполнения первого этапа QFD — уточнения абстрактных требований потребителя. Для этого при помощи первых трех инструментов управления качеством, рассмотренных в разделе 13, пожелания потребителя необходимо преобразовать в ценностные свойства продукции. В результате выполнения этого этапа производитель должен четко уяснить для себя «что сделать?», чтобы ожидания потребителя были удовлетворены.

Вторым ключевым элементом QFD является развертывание требований потребителя в параметры качества продукции, то есть необходимо ответить на вопрос «как сделать?». Задача перевода требований «что» в характеристики «как» осложняется из-за многообразия связей между ними. Кроме того, характеристики «как» необходимо выбирать таким образом, чтобы абсолютное большинство из них было измеряемым. На рис. 13.1 изображена схема развертывания требований к качеству рулонной кровли в конкретные измеряемые характеристики, которые необходимо контролировать в процессе устройства кровли.

Третий этап QFD заключается в установлении и оценке тесноты связей между компонентами «что» и «как». Для этого используется матричная диаграмма связей (таблица качества) с условными обозначениями силы связей (рис. 14.3).

Четвертый элемент развертывания функции качества является выбор целей в виде определенных значений контролируемых параметров, обеспечивающих выполнение потребительских требований и конкурентоспособность продукции (см. рис. 14.3, графа «требуемое значение характеристики»).

Пятый этап QFD — это установление в результате экспертного опроса или опроса потребителей рейтинга важности компонент «что» и определение на основе этих данных весомости соответствующих компонент «как». Последние определяются перемножением рейтинга важности потребительского требования на вес его связи с соответствующей характеристикой качества.

Например, весомость характеристик «превышение воронок» над уровнем водоизоляционного ковра при устройстве водостоков определяется так:  $5 \cdot 1 + 4 \cdot 9 + 5 \cdot 9 = 86$ . Результат такого перемножения и суммирования по каждой характеристике («как») записывается в графу абсолютный вес (см. рис. 14.3). Затем посредством нормировки получают относительный вес каждой характеристики качества в процентах.

Описанные пять ключевых элементов QFD (что, как, связи, цели, важность) являются фундаментом Дома качества (Quality House) — так часто называют матричную форму разворачивания функции качества. Назначение различных частей (комнат) диаграммы Дома качества показано на рис. 14.1.

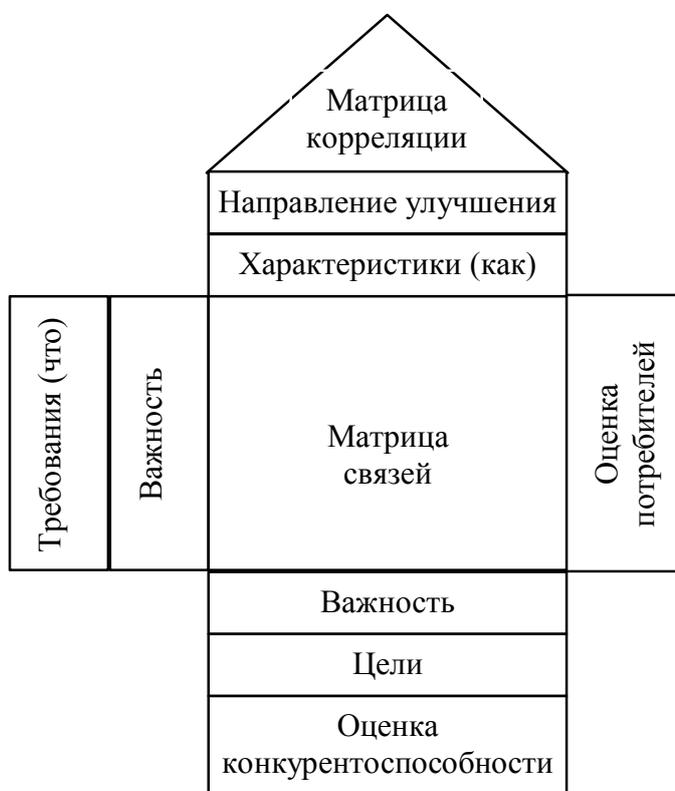


Рис. 14.1. Составляющие Дома качества

Полностью развернутая функция качества включает, по крайней мере, четыре этапа, которые изображены на рис. 14.2.

В результате первого этапа QFD идентифицируются важнейшие характеристики продукции, соответствующие потребительским ожиданиям. Второй этап предусматривает определение наиболее критичных частей и компонент продукции (при проектной детализации или спецификации). На третьем и четвертом этапах QFD производится идентификация критичных параметров производственных процессов и выбор методов их контроля (из семи инструментов кон-

троля качества см. раздел 13). При переходе от этапа к этапу абстрактные требования потребителя постепенно разворачиваются сначала в общие, а затем более конкретные характеристики продукции на стадии ее планирования и проектирования, далее преобразуются в параметры производственного процесса и, наконец, в технологические инструкции по контролю качества.

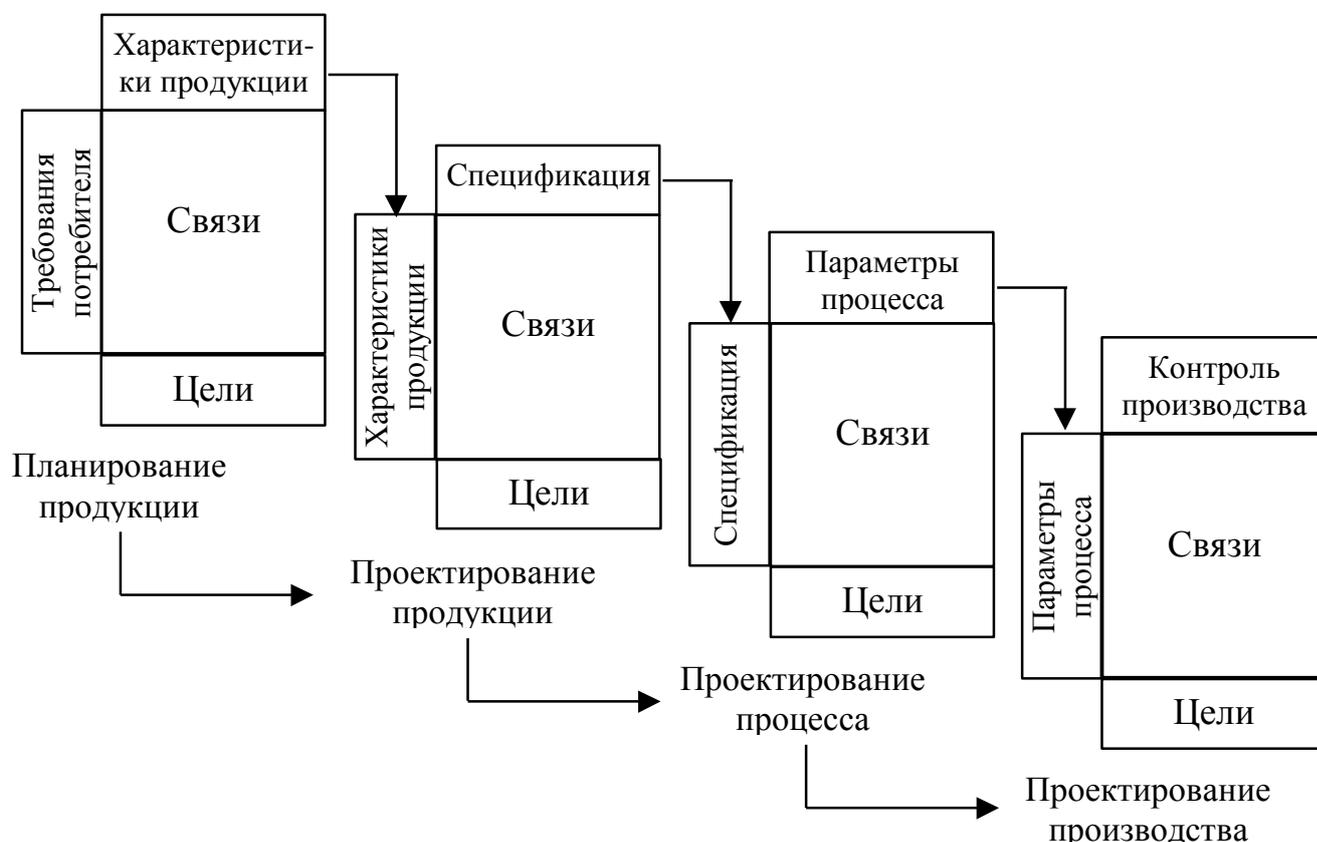


Рис. 14.2. Этапы разворачивания функции качества

Структурируя качество на начальных этапах жизненного цикла продукции в соответствии с нуждами потребителя, удастся избежать корректировки качества продукции при появлении ее на рынке и изначально обеспечить ее высокую потребительскую ценность при минимальных издержках на исправление брака. Таким образом, QFD реализует один из главнейших принципов новой концепции менеджмента качества — не исправлять брак, а предупреждать его.

Для иллюстрации процедуры разворачивания функции качества на рис. 14.3 приведена матрица проектирования комплексного процесса кровельных работ по устройству рулонной кровли с внутренним водостоком.

Наиболее критичные (по степени важности) параметры процесса имеют относительный вес 5–10%, менее важные — 1–3%. Построенный Дом качества (см. рис. 14.3) позволяет сосредоточить усилия на обеспечении требуемых значений прежде всего критичных параметров и предложить для них (на следующем этапе QFD) наиболее действенные методы контроля качества.

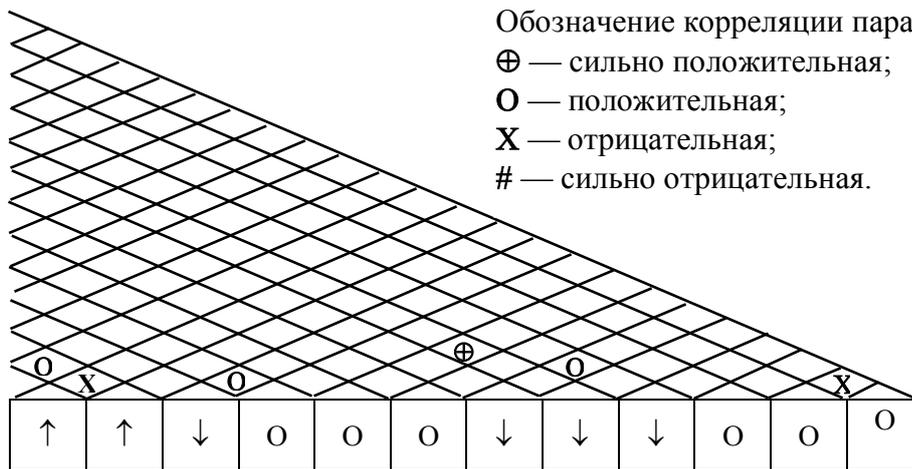
Направление улучшения характеристик:  
 ↑ — увеличение;  
 ○ — номинальное значение;  
 ↓ — уменьшение.

Требования (что)		Важность требования	Характеристики										
			Устройство основания			Устройство пароизоляции			Устройство теплоизоляции				
			Толщина	Прочность на сжатие	Шаг швов	Влажность основания	Толщина	Нахлест рулонов	Толщина	Нахлест плит	Зазоры в плитах	Температура мастики	Толщина мастики
Хорошее функционирование	Герметичность	5									Δ	○	
	Теплоизоляция	4						⊗	○	○			
	Отсутствие застоев воды	4											
	Надежность водосборников	5											
Большой срок службы	Прочность основания	4	Δ	⊗	○								
	Прочность приклейки	3				⊗					○	○	
	Пароизоляция и удаление пара	5				○	⊗	○					
	Защита от внешних воздействий	5	Δ	○	○				Δ				
Абсолютный вес (важность)		9	51	27	42	45	15	41	12	12	14	24	
Относительный вес, %		1	6	3	5	5	2	5	1	1	2	3	
Единица измерения		%	МПа	м	%	мм	см	%	%	мм	°С	мм	
Требуемое значение (отклонение) характеристики		±10	0,8	4	4	2	10	±5	±5	2	180	2	
Обозначение связей		Оценка технической конкуренции (в баллах от 1 до 5):									5	□	□
Вес											4	▽	▽
⊗ — сильная .....											3		
○ — средняя .....											2		
Δ — слабая .....											1	○	○
													○

Рис. 14.3. Матрица QFD проектирования процесса

Обозначение корреляции параметров:

- ⊕ — сильно положительная;
- — положительная;
- ⊗ — отрицательная;
- # — сильно отрицательная.



(как)

Устройство водоизоляционного ковра								Устройство водостока		Устройство вентиляции		Оценка потребителей				
Теплостойкость мастики	Прочность сцепления слоев	Толщина ковра	Нахлест рулонов	Высота бортиков сопряжений	Толщина защитного слоя	Отклонения ровности	Отклонения уклонов	Превышение уровня воронок	Толщина теплоизоляции	Площадь точечной приклейки	Сечение вентиляционных отверстий	○ — наш объект Δ — объект 2 □ — объект 3 ◆ — цель Баллы: 1 2 3 4 5				
	Δ	⊗	⊗	○	Δ	Δ	○	Δ				○ Δ □ ◆				
												□ ○ Δ ◆				
						⊗	⊗	⊗				○ □ Δ ◆				
								⊗	⊗			○ □ Δ ◆				
	⊗											□ Δ ○ ◆				
										⊗	⊗	○ Δ □ ◆				
⊗					⊗							○ □ Δ ◆				
45	32	45	45	15	50	41	51	86	45	45	45					
5	4	5	5	2	6	5	6	10	5	5	5					
%	МПа	мм	см	см	мм	мм	%	мм	%	%	—					
±5	0,5	12	10	10	10	±5	0,2	0	±10	30	1/500					
□	□▽	□▽	□▽	○	○	□▽	□▽	○	○	○	○	5				
▽	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	4				
○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	3				
												2				
												1				

устройства рулонной кровли

## 15. ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЭКСПЕРТНОЙ СИСТЕМЫ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА

Современные рыночные условия предъявляют высокие требования к обоснованности и оперативности принимаемых решений в области управления качеством. В связи с этим появляется необходимость использования передовых информационных технологий управления коммерческой, административной и хозяйственной деятельностью предприятия. В международной практике менеджмента активно развивается так называемая CALS-технология [1] (Continuous Acquisition and Life-cycle Support — непрерывная информационная поддержка жизненного цикла продукции), позволяющая значительно повысить эффективность производственной деятельности в результате внедрения современных методов информационного взаимодействия участников жизненного цикла продукта. Экономический эффект от внедрения CALS-технологии достигается за счет интеграции и совместного использования электронной информации, применяемой для проектирования, производства и сопровождения продукта.

Определенной базой для создания автоматизированных средств управления качеством в рамках системы качества могут служить пакеты программ для обработки статистических данных SPSS, Statistica, STADIA, STATGRAPHICS. Примеры создания отдельных программ для целей контроля качества содержатся в [13].

Реализация CALS-технологии для оценки качества СМР возможна в виде компьютерной экспертной системы. Как известно [14, 15], экспертная система (ЭС) — это система искусственного интеллекта (класс компьютерных программ) для решения задач в узкой предметной области на основе информации, представляемой экспертами. ЭС содержит характерные элементы искусственного интеллекта, моделирующего процесс принятия решения человеком, — цели, факты, правила, механизмы упрощения, вывода, получения новых знаний. Цель определяется проблемной областью (назначением) экспертной системы. Факты и правила составляют базу знаний или правил ЭС. Механизм вывода (интерпретатор знаний) служит для организации логических выводов из исходных фактов (базы данных) при помощи известных правил (базы правил). В механизм вывода обычно заложен и механизм упрощения, который в алгоритмических методах решения задач связан с принятием многих допущений и игнорированием второстепенных фактов. Подсистема приобретения знаний моделирует процесс запоминания новых знаний, полученных в результате решения задачи.

Критериями применимости ЭС для решения задач в определенной предметной области являются:

- отсутствие эффективных алгоритмических методов решения задачи;
- отнесение задачи к области оценки, диагностики, интерпретации или прогнозирования;
- нечеткий характер (“зашумленность”) доступных исходных данных;
- наличие экспертов, обладающих знаниями и опытом в данной предметной области.

Очевидно, что оценка качества СМР, как актуальная задача предметной области строительства, отвечает всем критериям применимости ЭС. Действительно, применение строгих алгоритмических методов при решении задач оцен-

ки качества строительных технологий затруднено неопределенностью исходных данных, многие из которых носят качественный характер и получены с определенной достоверностью [10, 15, 16].

ЭС обладают определенными преимуществами перед человеком-экспертом: отсутствием предубеждений и преждевременных выводов; устойчивостью к помехам (“шумам”); практически неограниченным объемом базы знаний (с концентрацией опыта поколений экспертов и невозможностью забывания); систематичностью и быстротой решения задач. Однако ЭС — это не замена специалиста, а скорее эффективный инструмент, орудие труда эксперта. Причем если пользователь не являлся экспертом, наполнившим базу знаний ЭС, то он не может относиться с полным доверием к полученному ЭС заключению, пока не будет знать, как оно было получено. Компонент ЭС, который отвечает на вопросы пользователя о механизме вывода заключения, принято называть системой объяснения.

Поскольку экспертная система реализуется на ЭВМ, которая понимает только машинные команды, для общения с пользователем в нее включаются средства общения на естественном языке. Последние, совместно с подсистемой объяснений, образуют так называемый пользовательский интерфейс.

Главные функции в ЭС выполняет эксперт, предоставляющий исходную информацию и управляющий процессом решения задачи. Для извлечения первичной экспертной информации используются процедуры анкетирования, тестовые задания, регламенты, набор стандартных правил, образующих в совокупности механизм извлечения знаний. Первичная экспертная информация зачастую носит качественный, нечеткий характер. Поэтому экспертная информация для использования в ЭС должна быть определенным образом формализована, представлена в требуемой форме. Для решения задач оценки качества строительных технологий перспективными, на наш взгляд, способами формализации экспертной информации являются методы теории вероятностей [5] и правила нечеткой логики [9, 10].

ЭС диагностики качества строительства целесообразно строить блочным методом с возможностью наращивания уровней решения задач. Это связано с тем, что результаты экспертизы качества могут быть использованы для разных целей: производственного и приемочного контроля, лицензирования строительной организации, сертификации строительного производства или системы качества, страхования строительных рисков и т.д. Кроме этого, экспертная система приобретает и накапливает информацию, которая может быть использована для совершенствования и перевода системы на следующий уровень функционирования.

Возможно и другое развитие ЭС: в случае излишнего переполнения базы знаний, разрастания и усложнения интерфейса предметная область системы может быть разделена на части, открывая тем самым новые ресурсы для развития. Так, например, ЭС оценки качества возведения гражданских зданий может дробиться на самостоятельные системы для оценки строительства кирпичных, панельных, монолитных, каркасных зданий.

Принимая во внимание изложенные выше концептуальные положения и подходы, предлагается следующая архитектура компьютерной экспертной системы оценки качества строительных технологий (рис. 15.1).



Рис. 15.1. Стартовая версия экспертной системы

В состав базы данных стартовой версии ЭС входят три части: блок заданий эксперту, экспертные оценки и архив. Блок заданий эксперту объединяет в себе следующие группы данных: требования к системе качества участников строительства; нормативные требования к качеству СМР; базовые (нормативные, проектные) значения контролируемых параметров. В архив включаются следующие данные: анкета эксперта, паспорт объекта экспертизы; правила измерений; погрешности приборов и средств измерений; классификатор основных дефектов СМР по степени их влияния на конструктивную надежность. При необходимости в архиве могут накапливаться экспертные оценки, а также приобретенные знания. Кроме того в банке данных могут храниться тестовые задания для проверки работоспособности отдельных блоков экспертной системы. Тестовые задания проверяются ручным расчетом и имеют промежуточные контрольные результаты вычислений, по которым можно судить о готовности ЭС к работе. Если тестовые задания не включаются в базу данных, они должны быть обязательно приведены в описании экспертной системы.

Механизм вывода заключения содержит: правила комплексной оценки системы качества строительства на основе частных оценок систем качества участников строительства; вывод заключения о показателях качества технологических процессов СМР и возведенных конструкций. Кроме того, эксперту могут быть выданы рекомендации по применению средств измерений на основе оценки необходимой точности измерений и достоверности контроля, а также заклю-

чение о достигнутом уровне конструктивной надежности и безопасности возведенных конструкций.

Подсистема приобретения знаний обеспечивает накопление статистик дефектов и отклонений, данных о степени влияния дефектов на показатели конструктивной надежности с корректировкой классификатора дефектов. В этой подсистеме также формируются и при необходимости корректируются базовые значения показателей точности технологических процессов СМР и конструктивной надежности для целей оценки качества при строительстве, лицензировании, сертификации, страховании рисков и т.д.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Управление качеством строительной продукции. Техническое регулирование безопасности и качества в строительстве: Учеб. пособие/ С.К. Сергеев, В.И. Теличенко, В.И. Колчунов и др. — М.: Изд-во АСВ, 2003. — 512 с.
2. Теличенко В.И. и др. Менеджмент систем безопасности и качества в строительстве: Учеб. пособие. — М.: Изд-во АСВ, 2000. — 570 с.
3. Статистические методы повышения качества/ Под ред. Х. Кумэ. — М.: Финансы и статистика, 1990. — 304 с.
4. Столбов Ю.В. Статистические методы контроля и оценки качества строительного-монтажных работ. — М.: Стройиздат, 1982. — 87 с.
5. Болотин В.В. Методы теории вероятностей и теории надежности в расчетах сооружений. — М.: Стройиздат, 1982.— 351 с.
6. Байбурин А.Х. Надежность технологических систем: Учебное пособие. — Челябинск: Изд. ЮУрГУ, 2002. — 49 с.
7. Адлер Ю.П. Новые направления в статическом контроле качества — методы Тагути. — М.: Знание, 1991. — 32 с.
8. Хэрри М. «Шесть сигм»: стратегия прорыва в рентабельности// Методы менеджмента качества. — 2000. — №6. — С.8–14.
9. Орловский С.А. Проблемы принятия решений при нечеткой исходной информации. — М.: Наука, 1981. — 208 с.
10. Байбурин А.Х. Оценка качества строительного-монтажных работ методами теории нечетких множеств// Известия вузов. Строительство. — 2002. — № 6. — С.54–58.
11. Всеобщее управление качеством/ О.П. Глудкин, Н.М. Горбунов, А.И. Гуров, Ю.В. Зорин; Под ред. О.П. Глудкина. — М.: Радио и связь, 1999. — 600 с.
12. Окрепилов В.В. Управление качеством. — М.: Экономика, 1998 . — 639 с.
13. Контроль качества с помощью персональных компьютеров/ Т. Макино, М. Охаси, Х. Докэ, К. Макино. — М.: Машиностроение, 1991. — 224 с.
14. Таунсенд К., Фохт Д. Проектирование и программная реализация экспертных систем на ЭВМ/ Пер. с англ. — М.: Финансы и статистика, 1990. — 320 с.
15. Практическое введение в технологию искусственного интеллекта и экспертных систем с иллюстрациями на Бейсике/ Р. Левин, Д. Дранг, Б. Эдельсон.— М.: Финансы и статистика, 1990. — 239 с.
16. Байбурин А.Х., Субботин Т.В. Проектирование экспертной системы оценки качества// Жилищное строительство. — 2004. — №5. — С. 4–5.

## ОГЛАВЛЕНИЕ

1. Основные определения .....	3
2. Организация контроля качества строительства .....	4
3. Понятие системы качества .....	10
4. Комплексная оценка качества .....	11
5. Оценка системы качества строительства .....	13
6. Статистическая оценка качества процессов СМР .....	17
7. Оценка показателей надежности возведенных конструкций .....	23
8. Комплексный и интегральный показатели качества строительства .....	25
9. Оценка критичности допущенных дефектов .....	27
10. Упрощенный метод оценки качества строительства .....	29
11. Инжиниринг качества .....	32
12. Основные инструменты контроля качества .....	34
13. Основные методы управления качеством .....	42
14. Развертывание функции качества .....	45
15. Проектирование экспертной системы оценки качества .....	50
Библиографический список .....	53