

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

---

Федеральное государственное бюджетное  
образовательное учреждение высшего образования  
«Пензенский государственный  
университет архитектуры и строительства»  
(ПГУАС)

**Л.В. Макарова, Р.В. Тарасов**

**КВАЛИМЕТРИЯ**

**Практикум**

Рекомендовано Редсоветом университета  
в качестве учебного пособия для студентов,  
обучающихся по направлению 27.03.01  
«Стандартизация и метрология»

Пенза 2016

УДК 658.562.004.12  
ББК 30.607В6:65.290-80  
М15

Рецензенты: зам. директора по качеству ООО «Строительные материалы, кандидат технических наук, доцент В.Ю. Нестеров;  
доктор технических наук, профессор В.И. Логанина (ПГУАС)

**Макарова Л.В.**

М15 Квалиметрия: практикум по направлению подготовки 27.03.01 «Стандартизация и метрология» / Л.В. Макарова, Р.В. Тарасов. – Пенза: ПГУАС, 2016. – 128 с.

Приведены сведения об основных этапах комплексного оценивания качества продукции и процессов ее создания, а также различных услуг, оказываемых населению. Содержится информация о правилах построения «дерева показателей» продукции (услуги), о наиболее распространенных и доступных способах расчета коэффициентов весомости единичных показателей качества и о способах свертывания единичных показателей в комплексный с целью принятия окончательного решения о прогнозируемом или фактическом уровне качества продукции (услуги).

Учебное пособие подготовлено на кафедре «Управление качеством и технология строительного производства» и предназначено для использования студентами, обучающимися по направлению подготовки 27.03.01 «Стандартизация и метрология», при изучении дисциплины «Квалиметрия».

© Пензенский государственный университет архитектуры и строительства, 2016

© Макарова Л.В., Тарасов Р.В., 2016

## ПРЕДИСЛОВИЕ

Термин «квалиметрия» в настоящее время вошел в научный и практический оборот и быстро получил признание как в отечественной, так и в международной деятельности в области качества. Эффективное управление качеством возможно лишь при наличии точных и объективных методов измерения и оценки качества продукции.

*Квалиметрия* – это научная область, в рамках которой исследуется проблема измерения качества продукции, разрабатываются принципы и методы количественной оценки такого сложного свойства, как качество продукции.

Разработчики нового научного направления пришли к выводу, что основу квалиметрии могут составлять следующие три принципиальных положения:

– подход к качеству как к единому динамическому сочетанию отдельных свойств, каждое из которых в силу своего характера и взаимосвязей с другими свойствами (с учетом их весомости и важности) оказывает влияние на формирование иерархической структуры качества продукции;

– теоретическое признание практической возможности (если не в настоящее время, то в будущем) измерения в количественной форме как любых отдельных свойств, так и их сочетаний, в том числе интегрального качества;

– признание практической необходимости применения методов количественной оценки качества продукции для решения задач его планирования и контроля.

Изучение данного учебного пособия позволит сформировать навыки и умения проведения анализа качества продукции в рамках овладения следующими компетенциями:

– способностью изучать научно-техническую информацию, отечественный и зарубежный опыт в области метрологии, технического регулирования и управления качеством;

– способностью принимать участие в составлении научных отчетов по выполненному заданию и во внедрении результатов исследований и разработок в области метрологии, технического регулирования и управления качеством.

В результате обучающийся будет:

з н а т ь :

– систему показателей качества объекта (продукция, услуга, процесс и т.д.);

– методы выбора направления исследования в рамках оценки качества изучаемого объекта;

- методологию оценки уровня качества объекта;
  - современные методы оценки качества исследуемых объектов;
  - методы осуществления экспертных и аналитических работ;
  - методы оценки уровня качества продукции на всех этапах её жизненного цикла;
  - законодательные и нормативные правовые акты, методические материалы по оценке и управлению качеством;
  - основные принципы выбора базового образца;
  - способы оценки уровня качества изучаемых объектов;
  - способы анализа качества изучаемых объектов;
  - правила оформления документации в рамках проведенного исследования (оценки);
  - требования к разработке корректирующих и превентивных мер, направленных на повышение, обеспечение и управление качеством изучаемого объекта;
- у м е т ь :
- формировать номенклатуру показателей качества объектов;
  - принимать решения о фактическом уровне качества и степени достижения запланированных результатов по качеству;
  - собирать, обрабатывать с использованием современных информационных технологий и интерпретировать необходимые данные для формирования суждений по соответствующим проблемам;
  - анализировать и синтезировать находящуюся в распоряжении исследователя информацию и принимать на этой основе адекватные решения;
  - пользоваться современной научно-технической информацией по исследуемым проблемам и задачам;
  - применять на практике традиционные и современные методы оценки качества изучаемых объектов;
  - формировать группу аналогов и осуществлять выбор базового образца;
  - выполнять операции нормирования единичных показателей с использованием действующих нормативных документов и методов математической статистики;
  - выполнять работы по измерению фактических значений выбранных единичных показателей и накопления статистических данных в ходе измерений и наблюдений;
  - проводить оценку качества продукции на этапах её жизненного цикла;
  - оценивать уровень качества объекта в зависимости от целей;
  - оформлять, представлять и докладывать результаты выполненной работы;

– разрабатывать и реализовывать мероприятия по совершенствованию способов и методов оценки и управления качеством изучаемых объектов;

– ставить и реализовывать задачи по разработке организационно-технических мероприятий, направленных на улучшение качества продукции;

– разрабатывать и реализовывать мероприятия по совершенствованию способов и методов оценки качества изучаемых объектов;

в л а д е т ь :

– приемами организации и проведения работы по оцениванию качества объектов;

– методами оценки уровня качества изучаемых объектов;

– основными методами оценивания, выбора единичных показателей качества с учётом действующей нормативной документации, передовых научных разработок и т.д.;

– методами ранжирования единичных показателей качества по их значимости в общей оценке или по их влиянию на результативность (эффективность) технологических процессов;

– методами вычисления единичных показателей качества в безразмерной форме и их свёртывания в комплексный показатель;

– навыками формирования целей и задач исследований;

– навыками применения компьютерных технологий при проведении работ в области оценки уровня качества объектов;

– приемами организации работ по оцениванию уровня качества изучаемых объектов;

– современными инструментами контроля, анализа и проектирования качества объектов исследования;

– методами организации работ по обеспечению качества в условиях конкретного производства;

– навыками составления планов мероприятий, направленных на улучшение качества изучаемого объекта.

Настоящее учебное пособие подготовлено в соответствии с программой курса «Квалиметрия» и предназначено для бакалавров, обучающихся по направлению подготовки 27.03.01 «Стандартизация и метрология». Данное учебное пособие также будет полезно для обучающихся по направлениям подготовки магистратуры 27.04.01 «Стандартизация и метрология» и 27.04.02 «Управление качеством».

## ВВЕДЕНИЕ

За последние годы произошел ряд серьезных изменений в отношении общества к проблеме качества, в целом, и отдельным его направлениям, в частности. Так, на рубеже двух тысячелетий, были приняты основополагающие нормативные документы серии ИСО 9000. Эти стандарты, внося ряд принципиальных изменений в осознание проблемы качества, определили на долгое время идеологию менеджмента качества. Для успешного претворения в жизнь основных положений стандартов, необходимы грамотные управленцы, владеющие методами менеджмента качества.

Квалиметрия является одним из направлений теории качества (квалитологии), находящей все большее применение в различных сферах человеческой деятельности.

Первым шагом к улучшению качества производимой продукции и услуг является получение навыков количественного оценивания фактического (достигнутого) уровня качества и систематизации имеющейся информации с целью принятия оптимального решения о конкретных путях и методах повышения качества продукции (услуг).

Общий алгоритм оценивания качества независимо от вида продукции и масштабов ее производства складывается из следующих этапов:

- установление целей оценивания и конкретной группы потребителей, с позиций которых будет проведено оценивание;
- определение метода оценивания и вариантов окончательного решения о качестве продукции;
- выбор единичных показателей качества с учетом действующей нормативной документации, передовых научных разработок и опыта работы ведущих производителей аналогичной продукции;
- ранжирование единичных показателей качества по их значимости в общей оценке или по их влиянию на результативность (эффективность) технологических процессов;
- измерение фактических значений выбранных единичных показателей и накопление статистических данных в ходе измерений и наблюдений;
- нормирование единичных показателей с использованием действующих нормативных документов и (или) методов математической статистики;
- вычисление значений единичных показателей качества в безразмерной форме и их свертывание в комплексный показатель;
- принятие решения о фактическом уровне качества и степени достижения запланированных результатов по качеству.

# Практическое занятие № 1

## КВАЛИМЕТРИЯ КАК НАУКА И ЕЕ РОЛЬ В УПРАВЛЕНИИ КАЧЕСТВОМ

**Цель занятия:** ознакомиться с факторами зарождения науки «кавалиметрия», особенностями общей, специальной и предметной квалиметрии, а также статусах квалиметрии как науки.

### 1. Основные сведения

#### 1.1. Динамика развития понятия «качество»

Существуют различные формулировки понятий качества, представленные в табл.1.1.

Т а б л и ц а 1.1

Динамика понятий качества

Автор	Формулировка определений качества
Аристотель (III в. до н.э.)	Различие между предметами; Дифференциация по признаку «хороший-плохой»
Гегель (XIX в. н.э.)	Качество есть в первую очередь тождественная с бытием определенность, так что нечто перестает быть тем, что оно есть, когда оно теряет свое качество.
Шухарт (1931 г.)	Качество имеет два аспекта: – объективные физические характеристики; – субъективная сторона: насколько вещь хороша
Исикава К. (1950 г.)	Качество – свойство, реально удовлетворяющее потребителей
Джурэн Дж. (1979 г.)	Пригодность, для использования (соответствие назначению). Субъективная сторона: качество есть степень удовлетворения потребителя (для реализации качества производитель должен узнать требования потребителя и сделать свою продукцию такой, чтобы она удовлетворяла этим требованиям)
ГОСТ 15467-79	Качество продукции- совокупность свойств продукции, обуславливающих ее пригодность удовлетворять определенные потребности в соответствии с ее назначением.
Международный стандарт ИСО 8402-86	Качество – совокупность характеристик продукции или услуг, которые придают им способность удовлетворять обусловленные и предполагаемые потребности
Международный стандарт ИСО 8402-94	Качество – совокупность характеристик объекта, относящихся к его способности удовлетворять установленные и предполагаемые потребности
Международный стандарт ИСО 9000:2000	Качество – степень, с которой совокупность собственных характеристик выполняет требования
Международный стандарт ИСО 9000:2011	Качество – степень соответствия совокупности присущих характеристик требованиям

## 1.2. Квалитология и квалиметрия

Квалитология – это наука о качестве. В структуре квалитологии можно выделить следующие взаимосвязанные и взаимодействующие друг с другом составные части:

Теория качества, предметом которой является исследование природы качества, изучение экономических, социалистических, информационных аспектов качества продукции на этапах ее создания и применения.

Теория управления качеством – это область науки, занимающаяся разработкой научных основ и методов обеспечения и управления качеством.

Квалиметрия – отрасль науки, изучающая и реализующая методы количественной оценки качества.

Метрология – отрасль науки, изучающая и реализующая методы измерения качества.

Квалиметрия как наука выступает в виде взаимосвязанной системы теорий, различающихся степенью общности, средствами и методами измерения и оценивания. К таким теориям относятся:

*Общая квалиметрия.*

*Специальная квалиметрия.*

*Предметные квалиметрии.*

Общая квалиметрия – в ней рассматриваются общетеоретические проблемы: системы понятий, теория оценивания (законы и методы), аксиоматика квалиметрии (аксиомы и правила), теория квалиметрического шкалирования (в том числе ранжирование, весомость).

В специальной квалиметрии рассматриваются модели и алгоритмы оценки, точность и достоверность оценок: экспертная квалиметрия, вероятностно-статистическая квалиметрия, индексная квалиметрия, квалиметрическая таксономия, теория классификаций и систематизаций сложно-ориентированных объектов, имеющих обычно иерархическое строение.

Предметная квалиметрия – по предмету оценивания. Квалиметрия продукции и техники, квалиметрия труда и деятельности, квалиметрия решений и проектов, квалиметрия процессов, субъективная квалиметрия, квалиметрия спроса, квалиметрия информации и др.

Совершенствование квалиметрии явилось результатом различных представлений о ее предмете и содержании, к главным чертам которых относятся:

– представление о квалиметрии только как о теории количественных методов оценки,

– сужение предмета квалиметрии до области измерений и оценивания качества объектов, является продуктами труда или до проблемы построения комплексных показателей качества,



- расширение предмета квалиметрии, распространение его на количественно-неизмеримые объекты,
- акцент в предмете квалиметрии на внеэкономических методах оценивания.

При этом происходит эволюция взглядов на предмет квалиметрии. Появились такие направления, как социологическое, педагогическое, географическое и пр.

Структурность, динамичность определенность и целостность квалиметрии обеспечиваются механизмом взаимодействия: общая квалиметрия трансформирует специальную квалиметрию с учетом особенностей применяемых методов и моделей оценки, а последняя находит отражение в предметной квалиметрии. При этом взаимосвязи общей квалиметрии, специальной квалиметрии и предметной квалиметрии отражают динамику общего особого и единичного.

У квалиметрии, как науки, можно выделить следующие статусы:

- экономический;
- технико-экономический;
- общенаучный;
- систематический.

*Экономический статус* обусловлен политэкономическим содержанием категории качества в ее взаимодействии с потребительной стоимостью и стоимостью. С позиции экономического статуса квалиметрия включает в себя методы эконометрии, как теоретического измерения экономических свойств создаваемых объектов и процессов.

*Технико-экономический статус* квалиметрии отражает ее направленность на комплексные оценки экономических и технических свойств объектов и процессов, что отображается в результатно-затратных мерах эффективности, технико-экономических показателях, технико-экономических уровнях и т.д.

*Общенаучный статус* определяется философско-методологической и общенаучной функциями категории качества и подтверждается формированием большого числа предметных квалиметрий (продукции, техники, труда и т.д.).

*Систематический статус* квалиметрии определяет ее, как систематическую теорию. Это связано с тем, что категория качества имеет аспекты структурности, динамичности, определенности, упорядоченности – все основные признаки системы. Таким образом, здесь возможен системный подход и к оценке, и к анализатору, и к управлению.

Количественная оценка качества необходима для принятия обоснованных решений на всех стадиях жизненного цикла продукции, от маркетинговых исследований до принятия решения о снятии с производства. Квалиметрия качества позволяет определить конкурентоспособность,

установить взаимосвязь качества и цены, сделать анализ качества процессов производства, определить пути совершенствования продукции и сокращения затрат. При этом распространение квалиметрических методов и подходов на качество процессов, проектов и решений создает действенный аппарат выбора лучших вариантов многокритериальных решений во всех сферах управления качеством.

### 1.3. Система понятий и определений квалиметрии

Для раскрытия сущности категории качества, используемой в квалиметрии, необходимо рассмотреть ее во взаимосвязи с такими системными понятиями, как свойство, структурность, динамичность и др.

Для раскрытия понятия «свойство» целесообразно выделить две концепции:

- атрибутивную;
- функционально-кибернетическую.

*Атрибутивная* отражает взаимодействие в системе отношений субъект – объект. В ней свойства выступают как результат познания определенного признака, принадлежащего данному объекту. Синонимы свойства, в данной концепции – атрибут, особенность, черта и т.д. Само качество выступает, как сложное свойство.

*Функционально-кибернетическая* концепция определяет свойства через взаимодействие в системе объект – объект или объект – среда. Синонимами свойства являются: способность, возможность, функция и т.д. Здесь свойство оказывается связанным через взаимодействие с формами движения. Именно в этом аспекте физические, механические, информационные и др. типы свойств одновременно несут информацию об особенностях взаимодействия объекта и формах движения, в которые данный объект вовлечен. Свойства в этой концепции представляют, как динамический элемент качества, как “функцию времени”. Деление взаимодействий на внутренние и внешние, по отношению к объекту, как к целому, обуславливает деление свойств на внешние и внутренние.

*Внутренние* – это появления новых свойств у целого, т.е. целостных элементарных свойств.

*Внешние* – это источник изменения свойств во времени, динамичности качества.

К ним относятся: проектная, производственная и экспериментальная среды.

Взаимодействие внутренних свойств качества частей объекта характеризует внутреннюю структуру качества, а множество внешних взаимодействий характеризует внешнюю структуру качества. Структура качества во внешнем и внутреннем плане раскрывается в двух возможных проекциях: в терминах свойств (функций) и в терминах качеств частей. Первая проек-

ция определяет функциональную структурность качества, в соответствии с которой качество предстает, как структурно – расчлененная совокупность свойств (функций), а вторая определяет морфологическую структурность.

*Структурность качества* – это основа принципа функционально – кибернетической эквивалентности качества. Этот принцип утверждает, что качество по определенным свойствам и в рамках определенных условий, несмотря на различие в структурах, может рассматриваться, как эквивалентное и носит многоуровневый характер. Чем больше свойств и уровней качества включено в отношения, тем уже множество, на которое оно реализуется.

Особенность понимания взаимосвязи качества и количества состоит в более дифференцированном раскрытии понятия качества, связанном с его делением на экстенсивное и интенсивное.

*Интенсивное* количество позволяет глубже осмыслить его взаимодействие с качеством. *Интенсивное* количество предстает как внутреннее количество качества, характеризующее развитость и интенсивность свойств.

*Экстенсивное* количество предстает, как внешнее количество качества, как количество однородных в определенном смысле свойств и качеств.

Внешнее и внутреннее количество качества образует единство, раскрывая еще одну грань принципа внешне – внутренней обусловленности качества и соответственно его моментов.

Понятие динамичности качества раскрывается, как изменение интенсивности свойства и соответственного интенсивного количества во времени. Развертывание принципа динамизма качества приводит к двум взаимосвязанным принципам: *отражение* и *жизненный цикл*.

Принцип *отражение* фиксирует отражение (перенос) качества процесса на качество результата, формирующегося на выходе этого процесса и имеет смысл системного исследования: качество процесса продуцирует качество результата, или, что то же самое, качество результата наследует качество процесса.

*Жизненный цикл* объекта образует цикл его качества. Он состоит из основных этапов:

- проектирование;
- изготовление;
- эксплуатация.

Каждый этап представляет собой комплексные процессы производства, поэтому по отношению к жизненному циклу принцип отражения раскрывается, как цепочка отражений качества процессов в качестве соответствующих результатов.

Содержание вышеизложенных взаимосвязей категории качества с другими понятиями позволяют сделать вывод, что *качество* – сложная

многоуровневая категория, раскрывающаяся через систему внешних и внутренних моментов.

Ключевыми понятиями квалиметрии являются измерение и оценивание качества.

К основным типам мер качества относятся *шкалирование* и *свертывание*.

*Шкалированием* называется мера качества, вводящая упорядочивающие отношения на измеряемом множестве свойств или мер. Шкалирование на множестве мер называется производным шкалированием. Его синоним – функциональное преобразование шкал. Понятию семантической меры соответствует семантическое шкалирование. Таким образом, к пониманию квалиметрического шкалирования относятся все типы шкалирования:

- метрическое (отношений, разности, интервального);
- порядковое;
- номинальное;
- семантическое (вербальное)
- и их различные сочетания.

К производным метрологическим шкалам относят:

- линейные;
- логарифмические;
- экспозиционные;
- параболические ;
- другие.

*Квалиметрической шкалой* называется тройка формальных объектов:

1. Исходное множество измерительных свойств или их мер.
2. Множество отображений шкалирования.
3. Множество значений отображений шкалирования.

*Свертыванием мер качества* называется их объединение, осуществляемое по тому или иному закону. Вводятся понятия операционных и статистических свертывание качества (ОСК) и (ССК).

ОСК – объединение мер (показателей), построенных на разнородных простых или сложных свойствах. На основе этого понятия формируется понятие комплексных, групповых показателей качества продукции.

ССК – объединение мер, построенных на однородных свойствах или подмножествах качества, их мерах. На основе этого понятия формируется понятие обобщенных показателей качества продукции.

Измерение качества есть построение мер качества и получение их значений с помощью специальных алгоритмов.

Качество всегда измеряют в рамках определенной системы соизмерения, включающую в себя систему сравнения и самоизмерителя.

В качестве базы сравнения в измерении могут выступать:

- эталоны метрического измерения свойств;

- квалиметрические единицы;
- одно из сравниваемых свойств качеств по отношению к другому;
- эталон качества (аналог, цель, прототип и т.п.)

*Оценивание (оценка) качества* – это особый тип функции управления, направленной на формирование ценностных суждений об объекте оценки, под которым подразумевается качество, определенное множество свойств или отдельное свойство.

*Уровень качества* – это относительная мера качества. Следует различать формальное и неформальное содержание этого понятия. В формальном смысле уровень качества является результатом оценивания, всегда носящий значительный характер.

Система значений мер качества, определяемая на основе соотношения с базовыми эталонными значениями мер называется сравнительным уровнем качества.

Таким образом, сравнительный уровень зависит от базы сравнения.

Принципиально при сравнении с базой оценки можно применять любые квалиметрические шкалы.

Если испытать разностную шкалу, то сравнительный уровень приобретает содержание отклонения от базы оценки, а если испытать шкалирование отношений (нормировку по базе сравнения), то мы получаем относительный уровень качества.

Абсолютный уровень формируется в результате измерения качества объекта техники и характеризуется абсолютным значением оценочных показателей.

Понятие абсолютного уровня отражает интенсивное количество качества. Например, точность измерительного прибора, масса, скорость определяют его абсолютный уровень качества. В зависимости от класса свойства и показателей качества могут различаться: технический, экономический, экологический, эргономический и другие уровни.

### 1.5. Концептуальные положения и задачи современной квалиметрии

Исходя из современных требований могут быть сформулированы следующие исходные концептуальные положения современной квалиметрии:

1. Квалиметрия позволяет получить информацию о качестве оцениваемого объекта на любой стадии его жизненного цикла в количественной и качественной формах, пригодной для установления.

2. Квалиметрия рассматривает оценку качества объекта, как динамическую категорию, т.е. учитывает возможность изменения его качества при изменении конъюнктуры рынка, применение качества проекта с учетом опыта эксплуатации, совершенствования технических процессов и средств производства.

3. Основными методическими принципами квалиметрии являются:

а) принцип измеримости свойств и оцениваемость качества объекта как на уровне отдельно взятых свойств, так и на уровне всей совокупности свойств, образующих качество объекта в целом;

б) принцип сопоставимости качества объекта и качества отдельно взятого эталонного образца или их совокупности;

в) принцип сравнимости качества конкурирующих вариантов различных исполнений объекта одного и того же вида;

г) при достоверности результатов измерения и оценки, реализуемый путем объективных измерений. Сопоставление и сравнение качества оцениваемого образца и выбранных эталонных образцов.

4. Квалиметрия формируется и развивается в двух взаимосвязанных областях, в области теоретической квалиметрии формируются общие принципы, методы и средства оценки качества, которое является единым для оцениваемых объектов разнообразной природы; в области прикладной квалиметрии формируется с учетом положений теоретической квалиметрии рабочий инструментарий для оценки конкретных объектов, при этом методы и средства оценки качества учитывают природу этих объектов и реальные условия проявления их качеств.

5. Каждое простое или сложное свойство может быть оценено абсолютным и (или) относительным значением показателя качества и коэффициентом весомости.

Установление абсолютных значений показателей качества может производиться на основе физических экспериментов (методами метрологии), на основе психологических экспериментов, (методами экспериментальной психологии), экспертные измерения эстетических и эргономических свойств на основе построения аналитических моделей функционирования объекта (методами определения эффективности, разработанными в технических и экономических науках).

6. В квалиметрии объектами оценки являются: качество готовой продукции определенного вида или конкретного исполнения требований потребителя, определяющего спрос на продукцию определенного качества, количества и цены, требования действующего разрабатываемого или обновляемого стандарта на продукцию данного вида или конкретного исполнения, система качества, действующая на предприятии – изготовителе данной продукции.

7. С позиции квалиметрии к основным факторам, являющимися признаками классификации продукции применительно к условиям оценки ее качества относятся сферы изготовления и реализации этой продукции, способы и формы ее использования по назначению. Эти факторы определяют выбор соответствующих каждому виду продукции, состава ее свойств, оценочных показателей, задач и методов оценки качества.

## 1.6. Проблемы в области прикладной квалиметрии

К основным проблемам в области прикладной квалиметрии можно отнести:

1. Необходимость исследования степени влияния субъективных факторов на объективность и точность результатов оценивания качества конкретных видов продукции.

2. Необходимость гармонизации основных принципов и методических подходов к оценке качества сертифицируемой продукции с соответствующими принципами и подходами, содержащимися в международных НД и рекомендациях.

3. Необходимость разработки принципов и условий применения методов квалиметрии, реализация результатов измерения и оценки качества конкретных видов продукции при решении задач ее сертификации и обеспечения качества.

4. Разработку методических основ обеспечения сопоставимости показателей качества оцениваемых и базовых образцов продукции, определение границ сопоставимости и граничных условий, при которых эти образцы относятся к разным градациям качества.

5. Разработку и применение методов классификации, группирования и определенных областей применения конкретных видов продукции и других объектов сертификации.

6. Разработку типовых алгоритмов оценки КП и правил их адаптации применительно к конкретным условиям сертификации и обеспечения качества продукции.

7. Разработку и применение экспертных систем, программных и технических средств, автоматизированного решения задач оценки качества разрабатываемой и выпускаемой продукции.

## 2. Методика выполнения и оформления работы

2.1. Выбрать объект исследования.

2.2. Охарактеризовать объект исследования.

2.3. Описать этапы жизненного цикла данного объекта исследования.

### Вопросы для самоподготовки

1. Назовите основные принципы квалиметрии.

2. Что такое уровень качества?

3. Назовите виды квалиметрических шкал.

4. Чем обусловлен экономический и общенаучный статус квалиметрии?

5. Что такое свертывание мер качества?

6. Дайте определение «квалиметрия».

## Практическое занятие № 2 СИСТЕМА ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА ОБЪЕКТОВ

**Цель занятия:** ознакомиться с номенклатурой показателей качества продукции и услуг.

### 1. Основные сведения

Вся промышленная продукция подразделяется на две подгруппы по принципу расходности и не расходности. Такое деление упрощает измерение и контроль качества продукции, поскольку каждая группа имеет более узкую (по сравнению с ранее рассмотренной номенклатурой) совокупность показателей качества. Классификация промышленной продукции представлена в табл. 2.1.

Таблица 2.1

Классификация промышленной продукции

Промышленная продукция	
Расходуемая при использовании	Расходующая свой ресурс
<p><b>Сырье и природное топливо</b> (полезные ископаемые, жидкое, твердое и газообразное топливо, естественные строительные материалы, драгоценные минералы, цветы, и т.д.)</p>	<p><b>Неработаемые изделия</b> (резисторы, конденсаторы, болты, гайки, подшипники, шестерни, кирпичи, керамические плитки и т.п.)</p>
<p><b>Материалы и продукция</b> (искусственное топливо, химические продукты, материалы строительной индустрии, лесоматериалы, фотоматериалы, медицинские препараты, пищевые продукты и т.п.)</p>	<p><b>Ремонтируемые изделия</b> (технологическое оборудование различных отраслей промышленности, Транспортные машины, Измерительные приборы, бытовые приборы, швейные и изделия, мебель и т.д.)</p>
<p><b>Расходные изделия</b> (кондитерские изделия, банки консервов, жидкое топливо в бочках, баллоны с газами, проволоку и кабели В катушках и т. п.)</p>	

### 2. Основные показатели качества продукции

При оценке качества промышленной продукции должны в полной мере учитываться ее свойства. Показатели качества делятся на единичные и комплексные. Единичные показатели относятся к одному из свойств продукции, определяющих качество, а комплексные – сразу к нескольким. В систему показателей качества входят:



**1. Показатели назначения** характеризуют полезный эффект от использования продукции по назначению и определяют область ее применения. К ним относят *прочностные, теплофизические показатели и стойкость к внешним воздействиям.*

**2. Показатели надежности и долговечности** характеризуют степень выполнения продукцией своих функций в течение заданного срока службы в определенных условиях внешней среды с сохранением своих свойств при условии соблюдения правил эксплуатации.

**Надежность** – сложное свойство изделия, которое в общем случае складывается из частных свойств: долговечности, безотказности, ремонтнопригодности и сохраняемости.

**Безотказностью** называют свойство объекта непрерывно сохранять работоспособное состояние в течение некоторого времени или некоторой наработки.

Под **долговечностью** подразумевается свойство объекта сохранять работоспособность до предельного состояния с необходимыми перерывами на ремонт. Предельное состояние определяется разрушением объекта, требованиями безопасности или экономическими соображениями.

**Ремонтпригодность** – свойство изделия, характеризующее его приспособленность к восстановлению работоспособного состояния в результате предупреждения, выявления и устранения отказов. Показателями ремонтпригодности служат среднее время восстановления работоспособного состояния.

**Сохраняемость** характеризует свойства объекта сохранять заданные значения безотказности, долговечности и ремонтпригодности в течение и после срока хранения и транспортирования, установленного технической документацией. Сохраняемость количественно оценивают временем хранения и транспортирования до возникновения неисправности.

**3. Показатели технологичности** характеризуют эффективность конструкторско-технологических решений, которые должны быть направлены на достижение высокой производительности труда при минимальных затратах материалов, топлива и энергии на изготовление и ремонт продукции

**4. Эргономические показатели.** Эргономика изучает взаимодействие в системе «человек – среда – изделие». Эти показатели охватывают всю область факторов, влияющих на работающего человека и эксплуатируемое изделие.

Эргономические показатели подразделяют на гигиенические, антропометрические, физиологические и психологические.

**Гигиенические показатели** характеризуют соответствие изделия санитарно-гигиеническим нормам и рекомендациям (освещенность, температурный режим, влажность и давление, токсичности, шума и вибрации).

**Антропометрические показатели** характеризуют изделия, входящие в непосредственную связь с человеком.

**Физиологические показатели** характеризуют соответствие изделия физиологическим свойствам человека и особенностям функционирования его органов чувств.

**Психологические показатели** характеризуют соответствие изделия психологическим особенностям человека находящим отражение в инженерно-психологических требованиях.

**5. Показатели стандартизации и унификации** характеризуют степень насыщенности изделия стандартизованными и унифицированными деталями. При разработке новых изделий необходимо стремиться не только к сокращению количества составных частей, так как при прочих равных условиях качество изделия тем выше, чем меньше оно содержит составных частей.

Стандартизованными считаются части изделия, выпускаемые по государственным и отраслевым стандартам.

К унифицированным относятся части изделия, выпускаемые по стандартам предприятия.

Оригинальными называются составные части, разработанные специально для данного изделия.

**6. Экономические показатели** отражают затраты на разработку, изготовление и эксплуатацию продукции, а также экономическую эффективность эксплуатации. С помощью экономических показателей оценивают ремонтпригодность продукции, ее технологичность, уровень стандартизации и унификации, патентную чистоту. Экономические показатели учитывают также при составлении интегральных показателей качества продукции.

**7. Эстетические показатели качества изделий** характеризуют информационную выразительность, рациональность формы, целостность композиции, совершенство производственного исполнения. Эта группа включает следующие подгруппы показателей:

✓ Показатели *информационной выразительности* определяют способность изделия выражать своей формой эстетическое представление и культурные нормы, сложившиеся в обществе.

✓ Показатели *рациональности формы* определяют соответствие формы изделия объективным условиям его изготовления и эксплуатации, а также выраженность в форме функционально-конструктивной сущности изделия.

✓ Показатели *целостности композиции* определяют единство частей и целого, эффективность использования профессионально-художественных средств для создания полноценного композиционного решения, органичную взаимосвязь элементов формы изделия и его согласованность с ансамблем других изделий.

✓ Показатели *совершенства производственного исполнения* и *стабильности товарного вида* определяют эстетическое восприятие формы изделия.

**8. Патентно-правовые показатели** характеризуют патентную защиту и патентную чистоту продукции, они важны для определения ее конкурентоспособности. Официальными документами, свидетельствующими о степени патентной защиты и патентной чистоты, являются «Патентный формуляр» и «Карта технического уровня и качества промышленной продукции».

**9. Экологические показатели** характеризуют уровень вредного воздействия на окружающую среду в процессе эксплуатации изделия. При обосновании необходимости учета экологических показателей для оценки качества изделия проводится анализ его работы с целью выявления возможных вредных химических, механических, световых, звуковых, биологических, радиационных и других воздействий на окружающую природную среду. При выявлении таких воздействий на природу соответствующие экологические показатели включают в номенклатуру показателей, принимаемых в перечень для оценки уровня качества изделия.

Экологические показатели техники можно разделить на три основные группы:

✓ показатели, связанные с использованием материальных ресурсов природы (ресурсоемкость изготовления продукции, показатели потребления невозполнимых материальных ресурсов при эксплуатации, при ремонтах и утилизации продукции после ее физического износа);

✓ показатели, связанные с использованием природных энергетических ресурсов (показатели расходования природных энергоносителей на всех стадиях и этапах жизненного цикла изделий);

✓ показатели, связанные с загрязнением окружающей среды (параметры различных видов загрязнений окружающей среды и ущерба от этих загрязнений на различных стадиях жизненного цикла изделий – от производства и эксплуатации до ликвидации отработавших изделий).

При оценке уровня качества технических изделий с учетом экологических показателей исходят из требований и конкретных норм по охране окружающей природной среды.

Промышленное изделие, эксплуатация которого приводит к нарушению установленных экологических требований и норм по охране природы, не может быть отнесено к продукции, превосходящей мировой уровень или соответствующей ему, независимо от того, соответствуют ли другие показатели качества такой оценке.

**10. Показатели безопасности** характеризуют безопасность обслуживающего персонала, а также окружающих людей в процессе эксплуатации, хранения и утилизация технических изделий.

**Безопасность** – это такое состояние условий труда, при котором с определенной вероятностью исключена опасность, т.е. возможность повреждения или ухудшения (профессиональные заболевания) здоровья человека.

К таким показателям относят:

- ✓ вероятность безопасной работы человека в течение определенного времени;
- ✓ время срабатывания защитных устройств;
- ✓ сопротивление изоляции токоведущих частей;
- ✓ электрическую прочность высоковольтных цепей.

Опасности для человека, возникающие при изготовлении и использовании продукции зависят от вида опасных воздействий, способа воздействия на человека и источника возникновения опасности.

Различают следующие подгруппы показателей безопасности:

- ✓ механической безопасности (изнашиваемость; деформируемость; коррозионная неустойчивость; способность загрязнять рабочую зону пылью и механическими отходами, шумность и виброактивность);
- ✓ электрическая нестабильность (электрическая агрессивность, электропроницаемость, способность поражения электрическим током);
- ✓ термическая неустойчивость (перегреваемость, переохлаждаемость, термоэлектрическая возбудимость; термохимическая агрессивность);
- ✓ склонность к возникновению пожара (способность самовозгорания, способность возгорания от внешнего источника);
- ✓ склонность к возникновению взрыва (склонность к взрыву от внутреннего источника
- ✓ определенного вида, склонность к взрыву от внешнего источника определенного вида);
- ✓ химическая активность (химическая активность, разлагаемость органических материалов, разлагаемость специальных сред);
- ✓ биологическая активность (биоразлагаемость, биоагрессивность);
- ✓ радиационная активность (излучаемость радиоактивных веществ; возбудимость электромагнитного поля).

**11. Показатели транспортабельности** характеризуют приспособленность продукции к перемещениям в пространстве (транспортированию), не сопровождающимся ее использованием или потреблением. Эти показатели следует выбирать с учетом конкретного вида транспорта (а иногда и конкретной разновидности транспортного средства). Основные показатели транспортабельности определяют затраты (трудовые и материальные) на операции по подготовке к транспортированию, непосредственно транспортные и завершающие весь цикл транспортирования.

При выборе основных групп показателей качества для данного изделия необходимо руководствоваться таблицей применяемости показателей качества (табл. 2.2).

Т а б л и ц а 2.2

## Применяемость показателей качества

Наименование групп показателей качества продукции	Подгруппы продукции				
	Сырье и природное топливо	Материалы и продукты	Расходные изделия	Неремонтируемые изделия	Ремонтируемые изделия
Показатели назначения	+	+	+	+	+
Показатели надежности:					
безотказности	-	-	-	+	+
долговечности	-	-	-	+	+
ремонтпригодности*	-	(+)*	-	-	+
сохраняемости	+	+	+	+	+
Эргономические	-	(+)	+	+	+
Эстетические	(+)	(+)	+	+	+
Показатели технологичности	+	+	+	+	+
Показатели транспортабельности	+	+	+	+	+
Показатели стандартизации и унификации	-	-	(+)	+	+
Экологические	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)
Показатели патентно-правовые	-	(+)	+	+	+
Показатели безопасности	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)
Экономические					

\* Вместо показателей ремонтпригодности для продуктов и материалов применяют показатели восстанавливаемости.

В табл. 22. знак «+» обозначает применяемость, знак «-» – неприменяемость, знак «(+)-» – ограниченную применяемость соответствующих групп показателей качества.

### 3. Показатели качества услуг

Национальный стандарт РФ ГОСТ Р 52113-2003 предусматривает следующие группы показателей качества по характеризующим ими свойствам услуг:

1) показатели назначения: показатели применения, совместимости (функциональной, программной, геометрической и т.д.), показатели предприятия (материально-техническая база, эргономические показатели обслуживания, среднее время ожидания обслуживания клиента).

2) показатели безопасности: безопасность для жизни, радиационная безопасность, взрывобезопасность, безопасность для окружающей среды и т.д.

3) показатели надежности: показатели надежности результата услуги, безотказность, долговечность, сохраняемость, ремонтпригодность, показатели стойкости к внешнему воздействию и т.д.

4) показатели профессионального уровня персонала: уровень профессиональной подготовки, общие навыки, знание и соблюдение требований руководящих документов, внимательность и доброжелательность в отношениях с потребителем и т.д.

Показатели качества услуг должны обеспечивать:

– повышение качества услуги и соответствие требованиям потребителей;

– соответствие качества услуги передовому зарубежному опыту;

– учет современных достижений науки и техники и основных направлений научно-технического прогресса и развития сферы услуг;

– характеристику свойств услуги на стадиях ее жизненного цикла, обуславливающих ее способность удовлетворять определенные потребности потребителей в соответствии с ее назначением.

Все виды услуг можно классифицировать по области распространения, назначения, условия предоставления и характера потребления (рис. 2.1).

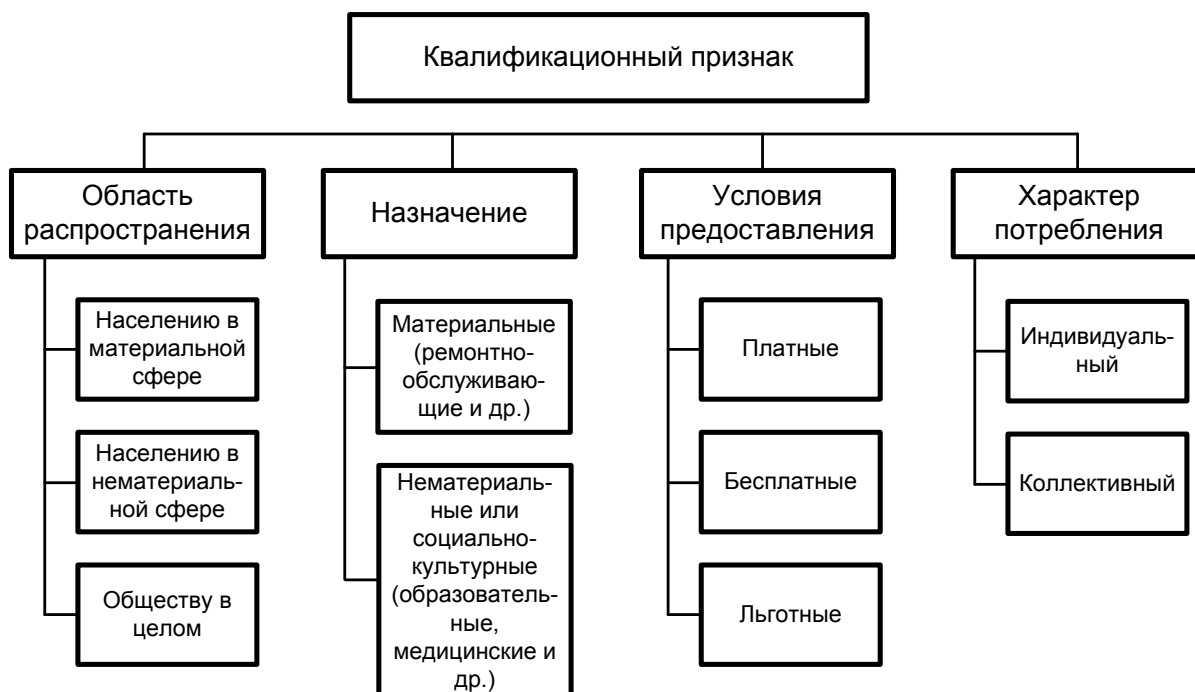


Рис. 2.1. Классификация видов услуг

Также показатели качества услуг можно **классифицировать** на:

- **количественные** (время ожидания и предоставления услуги; характеристики оборудования, инструмента, материалов и т.п.; надежность оказания услуги; точность исполнения; полнота; уровень автоматизации и механизации; безопасность; полнота оказания услуги и т.п.);

- **качественные** (вежливость, доступность персонала, чуткость, компетентность, доверие, уровень профессионального мастерства, эффективность контактов исполнителей и клиентов, искренность и т.п.).

Применительно к конкретным видам услуг номенклатура групп и состав их показателей качества может быть иным или дополнительно расширен в зависимости от целей использования и особенностей услуг.

#### 4. Методика выполнения и оформления работы

4.1. Выбрать объект исследования и произвести его идентификацию.

4.2. Определить перечень показателей качества в соответствии с требованиями нормативной документации на данный объект.

#### Вопросы для самоподготовки

1. Приведите пример показателей качества относящихся к критерию «технический уровень».

2. Дайте определение безотказности.

3. Что такое ремонтпригодность?

4. Что относится к эргономическим показателям качества продукции?

5. Классификация показателей качества услуг.

# Практическое занятие № 3 КОНЦЕПЦИЯ ПОСТРОЕНИЯ СИСТЕМЫ ОЦЕНИВАНИЯ КАЧЕСТВА ОБЪЕКТА

**Цель занятия:** ознакомиться с алгоритмом оценки уровня качества продукции.

## 1. Системный анализ качества продукции

При формировании, оценке и реализации необходимого состава свойств, характеризующих качество продукции, выборе и обосновании номенклатуры показателей качества следует исходить из принципиального положения о том, что свойства продукции проявляются во взаимоотношении компонентов системы “человек – продукция – среда” на всех этапах ЖЦП. Это взаимоотношение проявляется по-разному для продукции различного вида и назначения, зависит от условий ее изготовления и использования, носит характер активных действий и противодействий компонентов в сферах производства и потребления.

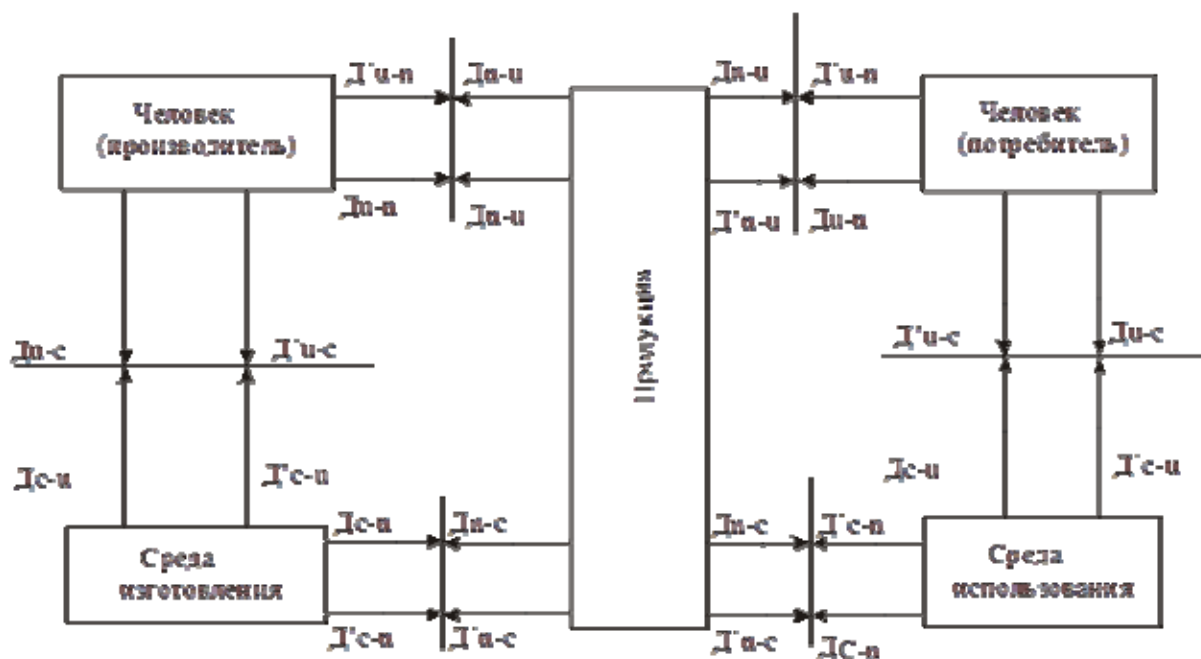


Рис. 3.1. Взаимоотношение компонентов системы “человек – продукция – среда” на всех этапах ЖЦП

В общем случае для продукции характерно следующее воздействие на уровне компоненты в сфере производства и потребления.

- Dп-с – активные действия продукции на внешнюю среду;
- D'п-с – противодействие продукции воздействиям внешней среды;
- Dс-ч – активное действие природы на человека;



Д'п-и – противодействие продукции действиям человека.

Указанные действия и противодействия продукции применимы к ее назначению, могут быть разделены на основные и сопутствующие.

Основное воздействие соответствует целевому назначению продукции, а свойства продукции, проявляющиеся при этом воздействии, обеспечивают полезный эффект от использования продукции по назначению при потреблении и эксплуатации.

Сопутствующее воздействие не связано с целевым назначением продукции по свойствам продукции, проявляющимся при этом воздействии. Обеспечивают дополнительное влияние продукции на другие компоненты системы “человек – среда”.

При основном действии продукции на внешнюю среду проявляются свойства, оказывающие функциональное воздействие на среду путем передачи или преобразования энергии, изменении физических и химических свойств веществ, получение и передача информации, формообразование и соединение или разъединение тел и т.д. Эти свойства характеризуются показателями функциональной пригодности.

Сопутствующие действия продукции на внешнюю среду вызывают необычный эффект, свойство которого характеризуется показателями экологичности продукции.

При основном противодействии продукции воздействиям внешней среды проявляются свойства, определяющие способность продукции выполнять заданные функции в условиях воздействия внешней среды. Эти свойства характеризуются показателями надежности и стойкости продукции к внешним воздействиям.

Сопутствующие противодействия продукции воздействию внешней среды характеризуется свойствами, определяющими расход ресурсов внешней среды на потребление продукции, поддержание и восстановление ее свойств и т.д.

Эти свойства характеризуются показателями ресурсопотребления эксплуатационной и ремонтной технологичности продукции.

При определении состава свойств и показателей качества продукции, как объекта оценки, необходимо учитывать все возможные технические, экономические и социальные группы и социальные аспекты его проявления.

Поскольку при взаимодействии производителя и потребителя первостепенное внимание уделяется на характер воздействия продукции, на удовлетворение потребителей. По этому основополагающему признаку всю совокупность свойств, образующих КП следует разделить на 3 множества, характеризующих 3 грани качества.

К первому множеству свойств продукции, определяющих полезный эффект при его потреблении, относятся функциональная пригодность, надежность, экономичность, эстетичность.

Ко второму множеству свойств продукции, определяющих затраты на ее создание и потребление, относят свойства, выражающие технологичность продукции, в сферах ее изготовления, контроля, технического обслуживания и ремонта, а также потребления ресурсов при непосредственном использовании продукции по назначению.

Третье множество образует природоохранные свойства продукции, к которым относятся ее безопасность и экологичность. Эти свойства характеризуют способность продукции оказывать вредное воздействие на человека и окружающую среду.

Таким образом, при разработке, производстве и потреблении новой продукции оценка ее качества должна производиться по всей совокупности свойств.

## 2. Алгоритм оценки качества продукции

Оценка качества продукции состоит в установлении соответствия продукции мировому, национальному, региональному или уровню отрасли. Соответствие оценивания продукции мировому уровню устанавливается на основе сопоставления значения показателей технического совершенства продукции и базовых образцов. В результате оценки продукция относится к одной из трех градаций:

- 1) превосходит мировой уровень;
- 2) соответствует мировому уровню;
- 3) уступает мировому уровню.

Результаты оценки качества продукции (КП) (рис.3.2) могут использоваться:

- при разработке новой продукции;
- обоснование требований, закладываемых в техническое задание на разработку продукции и НД;
- при принятии решения о постановке продукции на производство;
- обоснование целесообразности замены и снятия выпускаемой продукции с производства;
- формирование предложений по экспорту и импорту.

Для упорядочения и систематизации большого объема работ предлагается пользоваться следующими алгоритмами оценки КП:

1. Установление класса и группы продукции.
2. Определение условий использования продукции.
3. Устранение требований потребителей.
4. Выбор и обоснование номенклатуры показателей КП.

5. Выявление лучших сопоставимых отечественных и зарубежных аналогов и выбор базовой продукции.

6. Выбор на основе использования патентной информации лучших технических решений, установления значений показателей, определяющих оптимальный уровень КП.

7. Определение численных значений показателей качества оцениваемой и базовой продукции.

8. Выбор метода оценки технического уровня продукции.

9. Определение фактических значений.

10. Сравнительный анализ вариантов возможных решений и определение наилучшего.

11. Получение результатов анализа и принятие соответствующих решений.

12. Установление требований качества продукции и нормирование показателей качества в НД.

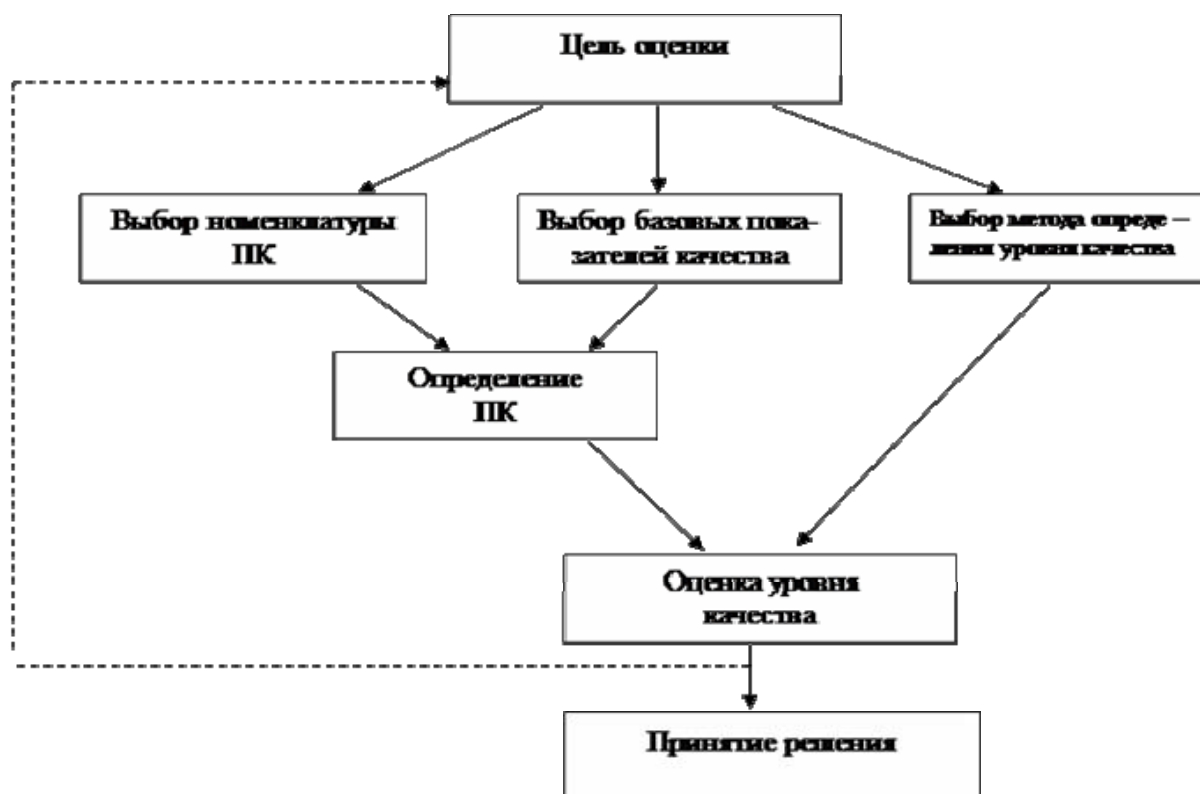


Рис. 3.2. Алгоритм оценки уровня качества продукции

Номенклатуру показателей качества следует выбирать с учетом ее необходимости и достаточности для определенной цели оценки уровня качества.

*Формирование групп аналогов.* Все включаемые в группу аналоги и оцениваемая продукция должны иметь одинаковые значения классификационных показателей, характеризующих данный вид продукции.

В группу аналогов входят оценки разрабатываемой продукции: перспективные и экспериментальные образцы разрабатываемой продукции, перспективные и экспериментальные образцы, поступление которых на мировой рынок прогнозируется на период выпуска оцениваемой продукции; значение показателей перспективных образцов. При оценке выпускаемой продукции входят: образцы, реализуемые на мировом рынке, значения показателей образцов устанавливаются на основе имеющейся на них документации и по результатам испытаний.

*Выделение базовых образцов из группы аналогов*

Базовым образцом называется реально достижимая совокупность качеств объекта, принятая для сравнения. За базовый образец принимается общественно необходимый уровень, который в определенный отрезок времени является компромиссным с точки зрения требований потребителя и возможности производства. В качестве базовых образцов выделяются лучшие из группы аналогов на основе метода попарного сравнения последовательно всех аналогов по значениям оценочных показателей с учетом точности их измерения (рис.3.3).

Базовые образцы, используемые на стадии разработки – это продукция, отвечающая реально достижимым перспективным требованиям, планируемая к освоению изделия. Показатели качества должны быть заложены в техническом задании.



Рис. 3.3. Схема выбора показателей базового образца

Базовые образцы, используемые на стадии изготовления – это выпускаемые в России и за рубежом изделия, показатели качества которых отвечают самым высоким требованиям и которые наиболее эффективны в

эксплуатации, государственные и отраслевые стандарты, ТУ, международные стандарты, регламентирующие оптимальное значение показателей качества изделий.

Сопоставление оцениваемого образца с базовым осуществляется поэтапно. На первом этапе проверяют соответствие продукции и значение ее показателей. На втором этапе сопоставляют оцениваемую продукцию с каждым базовым образцом по значениям оценочных показателей на основе метода попарного сопоставления.

Выделение базовых образцов на основе метода попарного сопоставления аналогов осуществляется следующим образом: аналог не может быть признан базовым образцом и исключается из последующих сопоставлений, если он уступает другому аналогу по совокупности оценочных показателей, т.е. уступает другому аналогу хотя бы по одному показателю, не превосходя его ни по каким из остальных; оба аналога остаются для дальнейшего сопоставления с другими, если по одним показателям оказывается лучше первый аналог, а по другим – второй. При этом значение некоторых показателей у аналогов могут не совпадать. В результате попарного сопоставления аналогов остаются аналоги, каждый из которых не уступает ни одному из остальных по совокупности оценочных показателей. Оставшиеся аналоги и являются базовыми образцами.

Сопоставление продукции с отдельным базовым образцом может привести к одному из следующих результатов:

1. Оцениваемая продукция уступает ему хотя бы по одному показателю, не превосходя его ни по одному из остальных показателей.
2. Оцениваемая продукция превосходит базовый образец, если она превосходит его хотя бы по одному показателю, не уступая ему ни по одному из остальных показателей.
3. Оцениваемая продукция равноценна базовому образцу, если значения всех ее показателей совпадают со значениями показателей базового образца.

Третий этап проводится, если базовых образцов больше, чем оценочных показателей, оставшихся после проведения второго этапа. При меньшем числе базовых образцов переходят к четвертому этапу. На четвертом этапе оцениваемая продукция сопоставляется с каждым базовым образцом на основе экспертной информации.

В том случае, когда не существует аналогов оцениваемой продукции, она считается соответствующей мировому уровню, если она характеризуется принципиально новыми техническими решениями, которые защищены авторскими свидетельствами или патентами.

### 3. Методика выполнения и оформления работы

3.1. Для выбранного объекта исследования, используя рекомендации стандартов на номенклатуру показателей качества, построить дерево свойств.

При этом следует придерживаться классификации показателей по предметному признаку и отдельно выделять такие сложные свойства, как назначение, безопасность, эргономичность, эстетичность, надежность и др. При необходимости количество верхних ярусов можно увеличить с тем, чтобы разбить предлагаемые сложные свойства на группы (механические, физические, оптические, биологические и др.), а затем внутри каждой группы перечислить простые свойства (прочность, трещиностойкость, токсичность, биоповреждаемость и др.).

3.2. Для каждого выделенного простого свойства определить перечень количественных характеристик, определяющих данное свойство (рекомендуется выбрать не менее двух характеристик, но не более семи).

3.3. Осуществить серию измерений  $k$  выбранных количественных характеристик и занести полученные значения  $x_{ik}$  в графы 2 и 5 табл. 3.1 для каждой пары отдельных простых свойств.

3.4. Вычислить для каждого показателя средние значения  $\bar{x}_k$  и отклонения, возвести их в квадрат и записать в графы 3, 4, 6 и 7 табл. 3.1. Вычисление отклонений произвести по следующей формуле:

$$\Delta x = (x_{ik} - \bar{x}_k). \quad (3.1)$$

3.5. Найти произведения абсолютных отклонений по каждой паре показателей и записать результаты в графу 8 табл. 3.1.

3.6. По каждой паре показателей вычислить значение коэффициента корреляции:

$$r_{kk} = \frac{\sum_{i=1}^n \Delta x_{ik} \Delta x_{ik'}}{\sqrt{\sum_{i=1}^n \Delta x_{ik}^2 \sum_{i=1}^n \Delta x_{ik'}^2}}, \quad (3.2)$$

где  $k, k'$  – порядковые номера парных показателей качества;

$i$  – порядковый номер испытания  $k(k')$ -го показателя качества.

3.7. Проанализировать значения парных коэффициентов корреляции и установить оптимальную номенклатуру единичных показателей качества (ЕПК) для выбранного объекта (достроить последний уровень «дерева свойств»). Если значение парного коэффициента корреляции окажется выше 0,85, то один из показателей данной пары, а именно тот, который

имеет меньший коэффициент корреляции с другими показателями группы, следует исключить из дальнейшего оценивания.

Т а б л и ц а 3.1

Определение значений ЕПК  
для вычисления парного коэффициента корреляции

Номер измерения	Значения ЕПК и результатов промежуточных вычислений						
	$x_{ik}$	$\Delta x_{ik}$	$\Delta x_{ik}^2$	$x_{ik}$	$\Delta x_{ik}$	$\Delta x_{ik}^2$	$\Delta x_{ik} \cdot \Delta x_{ik}$
1							
2							
...							
10							
Сумма							
Среднее		-	-		-	-	-

Вопросы для самоподготовки

1. Какова последовательность оценки уровня качества продукции?
2. Дайте определение единичному, комплексному и интегральному показателям качества.
3. Что такое базовый образец?
4. Назовите основные типы базовых образцов.
5. Какова последовательность выбора (установления) базового образца?

## Практическое занятие № 4

# МЕТОДЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА ПРОДУКЦИИ

**Цель занятия:** ознакомиться с методами оценки абсолютных показателей качества продукции.

### 1. Основные сведения

Для выполнения данной работы рекомендуется использовать следующие методы: измерительный, регистрационный, расчетный, органолептический, экспертный и социологический методы.

**Измерительный** метод заключается в определении значений показателя качества продукции с помощью технических средств измерений. Этим методом пользуются для измерения и контроля подавляющего большинства показателей качества материалов, изделий и конструкций геометрических размеров, массы изделий, прочности, водопоглощения и т.д. В основе измерительного метода лежит метрология.

**Регистрационный** метод основывается на наблюдении и подсчете числа определенных событий, предметов или затрат. Его применяют для регистрации отказов изделия при испытаниях, подсчета числа дефектных изделий в партии и т.п.

При использовании **расчетного** метода вычисления производят на основе установленных теоретических или эмпирических зависимостей показателей качества продукции от ее параметров. Данный метод применяют главным образом при проектировании продукции, когда она не может быть еще объектом экспериментального изучения. С использованием расчетного метода устанавливают зависимости между отдельными показателями качества продукции.

**Органолептический** метод заключается в определении показателей качества продукции на основе анализа восприятия органов чувств человека. Метод применяют для измерения таких свойств продукции, которые пока не поддаются измерению с помощью приборов и аппаратов (оценка однородности цвета фасадных керамических изделий, качества интерьеров помещений, т.е. таких свойств, которые обуславливают эмоциональные воздействия на потребителей). В историческом плане органолептические методы предшествовали инструментальным, однако до сих пор они не имеют достаточно развитой научной базы.

Оценка качества продукции производится экспертами на основе имеющегося опыта. Поэтому степень объективности, точности и достоверности оценки зависит от квалификации, опыта и способностей экспертов. Органолептический метод не исключает возможности использования техниче-



ских средств, которые повышают восприимчивость и разрешающие способности органов чувств, лупа, микроскоп, микрофон и др. При органолептическом методе обычно применяют балльный способ выражения показателей качества. Для этого используют, как правило, четыре оценки качества: «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «плохо». При этом оценке «плохо» всегда соответствует 0 баллов, так как целью оценки является определение уровня качества, а не степени непригодности изделия. Балльная оценка может применяться при оценке показателей качества отделки строительных изделий.

Многие стандарты на отделочные и облицовочные строительные материалы предусматривают органолептический метод оценки качества продукции. Например, одноцветность фасадных керамических плит определяют путем визуального сравнения средней пробы изделий с эталонами. Вид и качество эталонов обуславливаются изготовителем и потребителем изделий. Испытание проводят следующим образом. На деревянном щите общей площадью 1 м<sup>2</sup>, установленном в вертикальном положении на открытом воздухе, размещают попеременно с эталонными образцами отобранные в качестве средней пробы фасадные плиты лицевой поверхностью к наблюдателю. Наблюдатель находится на расстоянии 10 м от щита с плитами и невооруженным глазом рассматривает изделия при рассеянном дневном свете. Если тональность окраски испытуемых плит не выходит за пределы окраски эталонных образцов, партию считают выдержавшей испытание и плиты принимают. В противном случае всю партию бракуют.

Данный метод оценки нельзя считать вполне объективным, так как результат контроля зависит от особенностей органов чувств наблюдателя и от уровня освещенности объекта наблюдения. Совершенствование органолептического метода оценки качества продукции связано с развитием таких наук, как физиология, психология, эстетика и эргономика.

**Экспертный** метод определения показателей качества осуществляется на основе решения, принимаемого экспертами. Чаще всего данный метод применим для прогнозирования уровня качества продукции. По принципу действия экспертные методы, которые также называют интуитивными, разделяются на индивидуальные и коллективные. Индивидуальные оценки применяют только тогда, когда есть весьма компетентный специалист в данной сфере деятельности. Однако чаще используют метод коллективных экспертных оценок, предполагающий определение (прогнозирование) показателей качества на основании решения группы экспертов. В ряде случаев, особенно при прогнозировании сложных объектов, когда необходимо учитывать множество взаимовлияющих факторов, мнение группы экспертов надежнее, чем индивидуальное мнение.

В состав экспертной группы должны входить высококвалифицированные специалисты, степень компетентности которых в данной области

примерно одинакова. Экспертная группа должна состоять не менее чем из семи человек. При меньшем числе экспертов возрастает вероятность принятия случайного решения. Решение принимается путем проставления оценок (система баллов) либо голосованием экспертов и утверждается в том случае, если за него подано не менее  $2/3$  голосов. Опрос экспертов проводится в несколько туров, чтобы уменьшить влияние субъективного фактора на оценку. Эксперты сначала проставляют оценки независимо друг от друга; затем, после короткого публичного обоснования выставленных каждым экспертом оценок, проводится второй тур опроса, в ходе которого эксперты опять независимо друг от друга устанавливают новые оценки. Число проводимых туров опроса в значительной мере зависит от квалификации и опыта специалистов. Однако считается, что приемлемая точность результатов получается в среднем за три тура голосования. В качестве данных для последующих расчетов принимают среднеарифметические значения, полученные на основе окончательных оценок с учетом крайних значений. При коллективной оценке истинное значение прогнозируемой величины предполагается лежащим внутри диапазона оценок, выставленных отдельными экспертами. Не рекомендуется отбрасывать оценки отдельных специалистов, которые существенно отличаются от остальных. На основе полученных значений определяют уровень качества продукции.

**Социологический** метод основан на сборе и анализе мнений фактических или возможных потребителей продукции. Сбор мнений осуществляют устным опросом или путем распространения анкет-вопросников, проведения конференций, выставок. Использование социологического метода на практике требует разработки научно обоснованной системы опроса и создания математических методов обработки информации, поступающей от потребителя. Социологический метод применяют для определения коэффициента весомости показателей качества продукции.

Следует иметь в виду, что для определения показателей качества реальной продукции обычно приходится использовать не один, а несколько методов, например измерительный в сочетании с органолептическим и т.п.

## 2. Методика выполнения и оформления работы

2.1. Определить перечень основных показателей качества продукции.

2.2. Произвести выбор метода оценки каждого из установленных показателей качества продукции.

## Вопросы для самоподготовки

1. Перечислите основные методы определения абсолютных показателей качества продукции.
2. В чем заключается суть измерительного метода определения абсолютных показателей качества?
3. В чем различия между индивидуальной и коллективной экспертизой?
4. Особенности применения органолептического метода определения абсолютных показателей качества продукции.
5. В чем суть расчетного и регистрационного методов оценки абсолютных показателей свойств продукции?

## Практическое занятие № 5

# МЕТОДИКА ПОСТРОЕНИЯ ДЕРЕВА СВОЙСТВ

**Цель занятия:** ознакомиться с основными этапами процедуры построения дерева свойств с использованием экспертного опроса.

### 1. Основные сведения

Качество продукции можно оценить количественно с помощью единичных, комплексных и интегральных показателей.

*Единичный показатель качества (ЕПК)* Показатель качества продукции, характеризующий одно из ее свойств.

*Комплексный показатель качества (КПК)* Показатель качества продукции, характеризующий несколько ее свойств.

*Интегральный показатель качества (ИПК)* Показатель качества продукции, являющийся отношением суммарного полезного эффекта от эксплуатации или потребления продукции к суммарным затратам на ее создание и эксплуатацию или потребление .

Полезный эффект может выражаться в любых натуральных, условных или стоимостных единицах.

Общий алгоритм оценивания качества продукции (услуги, процесса) сводится к последовательному выполнению следующих основных этапов: выбору, ранжированию (определение коэффициентов весомости), измерению фактических значений, нормированию и свертыванию ЕПК в комплексный показатель.

Для полной количественной оценки качества продукции важно обоснованно выбрать комплекс ЕПК, не упустив ни одного значимого показателя, но, одновременно, не перегружая комплекс малозначимыми или трудноопределимыми показателями, что может привести к необоснованному увеличению трудоемкости процесса оценивания качества.

При выборе номенклатуры ЕПК следует руководствоваться нормативными документами на системы показателей качества продукции, которые разработаны на отдельные виды продукции. В обязательном порядке необходимо включить в оценку качества показатели, характеризующие безопасность продукции для жизни, здоровья людей и окружающей среды.

Использование остальных ЕПК носит рекомендательный характер и может устанавливаться в зависимости от требований потребителя и конкретных условий эксплуатации изделия.

При отсутствии отечественных стандартов СПКП рекомендуется воспользоваться зарубежными национальными и международными стандартами технических условий на конкретный вид продукции, проспектами фирм-изготовителей или результатами собственных исследований в об-

ласти проектирования новых показателей. Для окончательного уверенного выбора совокупности ЕПК можно воспользоваться аналитическими, экспертными или социологическими методами.

Для наглядного представления ЕПК, выбранных для оценивания качества объекта исследования, часто используют так называемое «дерево свойств», которое представляет собой графическое разложение сложного свойства «качество» на совокупность простых свойств (показателей), осуществляемое в виде последовательного многоуровневого подразделения (декомпозиции) каждого более сложного свойства на группу менее сложных (рис. 5.1).

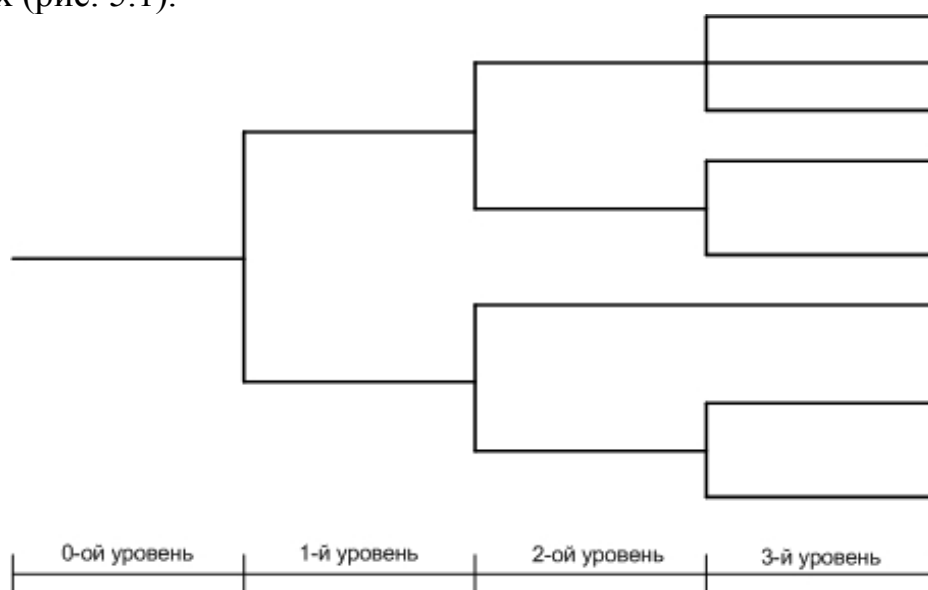


Рис. 5.1. Схематичное представление дерева свойств

«Дерево показателей» предназначено для решения комплекса задач.

Во-первых, при его построении дисциплинируется мышление и разработчик начинает четко представлять себе, какие группы свойств составляют в данном случае качество объекта и достаточно ли полно представлены показатели, составляющие данную группу.

Во-вторых, «дерево показателей» представляет собой графическое выражение простейшего (но не обязательно окончательного) алгоритма расчета комплексной оценки качества. В дальнейшем после проверки взаимодействия показателей этот алгоритм может быть изменен или отвергнут, но вначале он является точкой отсчета, от которой начинается разработка методики оценивания качества продукции.

Выполняя работу по построению дерева свойств необходимо руководствоваться определенными правилами. Эти правила могут быть общими (т.е. обязательными для всех ситуаций оценки качества) и частными (т.е. обязательными только для некоторых ситуаций оценки качества).

В данной работе необходимо знание общих правил, поэтому приведем основные из них.

**Правило первое** (интегральное качество определяется качеством и экономичностью). Для подавляющего большинства объектов любого типа дерево свойств с 0-го по 3-й уровень включительно имеет один и тот же вид, показанный на рис 5.2. Исключением могут являться только некоторые объекты, применительно к которым свойство «эстетичность» не имеет смысла.

**Правило второе** (деление до полного дерева). Дерево для объектов любого типа должно «ветвиться» (т.е. сложные свойства должны подразделяться на менее сложные свойства) до тех пор, пока во всех группах свойств, находящихся на правом краю дерева, не останутся только простые (которые уже нельзя разделить) или квазипростые свойства. Иначе говоря, до тех пор, пока дерево не станет полным.



Рис.5.2. Свойства первых двух уровней дерева, общие для подавляющего большинства типов объектов строительства

**Правило третье** (потребительская направленность дерева). Для каждого сложного свойства имеется несколько различных признаков, с помощью которых оно может быть разделено на группу эквисатисных свойств (свойства, эквивалентные по своему влиянию на удовлетворение какой-то потребности). Но из всех возможных признаков такого рода надо выбирать только те признаки, которые имеют потребительскую направленность, т.е. отражают удовлетворение потребности с помощью оцениваемого объекта.

**Правило четвертое** (деление по равному основанию). При делении любого сложного свойства на группу эквисатисных свойств признак, по которому осуществляется это деление, должен быть единым для всех свойств данной группы.

**Правило пятое** (одновременное существование свойств в группе). Эквисатисные свойства, составляющие группу свойств, должны быть такими, чтобы оцениваемый объект в каждый момент времени мог одновре-

менно обладать всеми этими свойствами. Соответственно и признак деления должен выбираться с учетом удовлетворения этому правилу.

Кроме того, что признак деления должен быть единым (**правило четвертое**), он еще должен выбираться так, чтобы обеспечивалось одновременное существование свойств в группе (**правило пятое**).

**Правило шестое** (необходимость о достаточность числа свойств в группе). Каждое сложное свойство должно делиться на такую эквисатисную группу свойств, число и характер которых удовлетворяют требованиям необходимости и достаточности.

Требования необходимости означает, что в группу должны включаться только те свойства, которые необходимы для обеспечения эквисатисности со сложным свойством (необходимы для того, чтобы определить это сложное свойство).

Требования достаточности означает, что в группе должны быть представлены все те свойства, которыми может определяться соответствующее эквисатисное сложное свойство.

**Правило седьмое** (минимум свойств в группе). В большинстве ситуаций при оценке качества дерева свойств является рабочим инструментом, которым пользуются эксперты. С учетом психологических возможностей эксперта желательно, чтобы в группе было минимальное число свойств (в идеале – два свойства).

**Правило восьмое** (первоочередность признака деления меньшей размерности). Правило заключается в том, что из двух в одинаковой степени пригодных для использования признаков деления сначала нужно применять тот, который содержит меньшее число градаций.

**Правило девятое** (приведение к последнему уровню). Число уровней, которые необходимо при этом использовать в дереве, может отличаться для разных сложных свойств. Поэтому при построении дерева свойств нужно поступить следующим образом. Построить дерево с учетом восьми изложенных выше правил. Затем определить самый «высокий» (т.е. имеющий самый большой номер) уровень, на котором оказались группа каких-то простых свойств, и до этого уровня вытянуть линии («ветки дерева») всех остальных простых и квазипростых свойств, которые оказались на других более «низких» уровнях.

За нулевой уровень дерева свойств принимают одиночную левую крайнюю ветку, соответствующую «интегральному качеству». Каждое последующее разветвление слева направо образует следующий уровень.

В каждом конкретном случае количество уровней и ветвей дерева свойств будет различным.

## 2. Применение экспертного метода для построения дерева свойств

Для построения дерева свойств необходимо сначала описать ситуацию оценивания.

Ситуация оценивания – это слабо формализованное описание условий существования и использование изделия, достаточное для разработки дерева свойств или другого алгоритма оценивания качества.

Это описание состоит из следующих этапов:

1) определяется однородность групп потребителей и указывают на тех из них, с чьих позиций будет проведено оценивание качества;

2) определяется однородность группы объектов, подлежащих оцениванию, этапы существования этих объектов, в течении которых главную роль играют различные свойства объектов. Определяются особые условия, в которых происходит эксплуатация объектов оценивания;

3) определяются лучшие объекты, предназначенные для выполнения тех же функций, что и объекты оценивания, с которыми может быть проведено сопоставление;

4) определяется цель оценивания, то есть решения, принятые при тех или иных значениях комплексной оценки качества в отношении объекта оценивания.

Для того чтобы перейти к составлению дерева свойств, необходимо выбрать экспертов и предложить им список из простых свойств для данного изделия (частные показатели). Экспертам необходимо было отнести все эти частные показатели к тем или иным комплексным показателям  $S_i$  предпоследнего уровня дерева свойств, которое предварительно было составлено «начерно».

Мерой принадлежности частных показателей к той или иной группе  $S_i$  служит число  $A$ , зависящее от числа экспертов, которые включили данные показатели в соответствующие группы. Значение числа  $A$  носит название «уровня согласованности экспертов в отношении объекта  $\alpha$ ». Объект  $\alpha$  – частный показатель.

$$A = \frac{n(\alpha)}{n}, \quad (5.1)$$

где  $n(\alpha)$  – число экспертов, включивших показатель  $\alpha$  в группу  $S_i$ ;  
 $n$  – общее число экспертов.

Для того чтобы включить показатель  $\alpha$  в обобщенную группу  $S_0$  нужно выбрать критическое значение числа  $A$  –  $A_{\text{крит}}$ , достижение или превышение которого ведет к включению объекта  $\alpha$  в группу  $S_{0i}$ .  $A_{\text{крит}}$  не должно принимать значений ниже 0,5, но находиться в пределах от 0,66 (менее ответственные задачи) до 1 (в наиболее ответственных задачах). Таким образом, рассчитывая значение уровня согласованности для каждого показателя



теля в группах  $S_i$ , найти те же показатели, при которых  $A(\alpha) > A_{\text{крит}}$ . Эти показатели и составят согласованную группу  $S_{0i}$ . Результаты этого этапа представляются в виде таблицы. Приняв  $A_{\text{крит}} = 0,66$ , находим обобщенные группы путем исключения частных показателей с уровнем согласованности  $A < A_{\text{крит}}$ . Частные показатели, вошедшие в обобщенные группы также заносятся в таблицу. Далее необходимо проверить насколько группировка каждого эксперта совпадает с полученной обобщенной группой  $S_{0i}$ . В этом случае мерой согласованности индивидуальной группировки  $j$ -го эксперта с группой  $S_{0i}$  будет число  $\beta$ , показывающие долю тех показателей из этой индивидуальной группировки, которые входят в обобщенную группу  $S_{0i}$ .

$$\beta = \frac{m_j(S_{0i})}{m_j}, \quad (5.2)$$

где  $m_j(S_{0i})$  – число объектов, входящих в обобщенную группу из индивидуальной;

$m_j$  – общее число объектов в  $j$ -й индивидуальной группировке.

Индивидуальная экспертная группировка будет выпадающей если  $\beta \leq 0,8$  (в более ответственных задачах) или  $\beta \leq 0,5$  (в менее ответственных задачах).

Результаты этого этапа также представляются в виде таблицы.

Если некоторые из представленных группировок будут являться спорными, то необходимо проверить изменяться ли обобщенные группировки при исключении названных группировок. Если обобщенные группировки не изменяться, то нет необходимости вновь рассчитывать показатели согласованности индивидуальных групп и повторять построение согласованных группировок.

Следующим этапом будет определение групповых нормированных коэффициентов весомости и коэффициентов весомости. Для того, чтобы выявить наиболее важные свойства данной продукции, экспертам предлагается провести оценку в % отношении каждого свойства в отдельности. Для групповых коэффициентов весомости сумма процентных оценок должна составлять 100 % в пределах группы, а для коэффициентов весомости – в пределах уровня. Способ процентной шкалы является одним из способов определения значимости отдельных показателей для свойств оцениваемого объекта.

**Пример.** Составление дерева свойств для бетонной смеси (предмет оценивания). Выбрав 4 эксперта, предложим им список из 11 простых свойств для данного строительного изделия (частные показатели):

- 1) прочность при сжатии бетона;
- 2) трещиностойкость;
- 3) прочность арматуры;
- 4) водонепроницаемость;
- 5) морозостойкость;

- 6) средняя плотность;
- 7) отклонение по длине изделия;
- 8) отклонение по ширине изделия;
- 9) отклонение по толщине изделия;
- 10) отклонение от прямолинейности;
- 11) отклонение от плоскостности;

Экспертам необходимо было отнести все эти частные показатели к тем или иным комплексным показателям предпоследнего уровня дерева свойств, которое предварительно было составлено «начерно». Обозначим эти показатели:

- $S_1$  – механические свойства;
- $S_2$  – физические свойства;
- $S_3$  – геометрия формы;
- $S_4$  – пропорции.

Эксперты обозначены  $\mathcal{E}_1, \mathcal{E}_2, \mathcal{E}_3, \mathcal{E}_4$ .

Результаты этого этапа представлены в табл. 5.1.

Т а б л и ц а 5.1

Комплексные показатели	$\mathcal{E}_1$	$\mathcal{E}_2$	$\mathcal{E}_3$	$\mathcal{E}_4$
$S_1$	1,2,3	1,2,3	1,2,3	1,2,3
$S_2$	4, 5, 6	4, 5, 6	4, 5, 6	4, 5, 6
$S_3$	7,8,9	7, 8,10	7,8,9	7,8,9
$S_4$	10, 11	9,11	10, 11	10, 11

Далее рассчитывается значение уровня согласованности для каждого показателя в группах  $S_i$  и находятся показатели, при которых  $A(\alpha) > A_{\text{крит}}$ . Эти показатели и составят согласованную группу  $S_{0i}$ . Результаты этого этапа представлены в табл.5.2.

Т а б л и ц а 5.2

Значения уровня согласованности

Обобщенные показатели	Значения уровня согласованности для единичных показателей качества
$S_1$	(1)-1,0; (2)-1,0; (3)-1,0
$S_2$	(4)-1,0; (5)-1,0; (6)-1,0
$S_3$	(7)-1,0; (8)-1,0; (9)-0,75; (10)-0,25
$S_4$	(10)-0,75; (11)-1,0; (9)-0,25

Приняв  $A_{\text{крит}}=0,66$ , находим обобщенные группы путем исключения частных показателей с уровнем согласованности  $A < A_{\text{крит}}$ . Частные показатели, вошедшие в обобщенные группы, внесены в табл. 5.2. Как видно из табл.5.3, группы  $S_9, S_{12}, S_{14}, S_{15}, S_{16}, S_{17}, S_{18}, S_{19}$  далее участвовать в рассмотрении не будут.

Таблица 5.3

## Согласованные группы

Обобщенные показатели	Значения уровня согласованности для единичных показатели качества
$S_{02}$	(1)-1,0; (2)-1,0; (3)-1,0
$S_{03}$	(4)-1,0; (5)-1,0; (6)-1,0
$S_{04}$	(7)-1,0; (8)-1,0; (9)-0,75
$S_{06}$	(10)-0,75; (11)-1,0

Теперь необходимо проверить, насколько группировка каждого эксперта совпадает с полученной обобщенной группой  $S_{0i}$ . Результаты этого этапа приведены в табл.5.4.

Таблица 5.4

	$S_1$	$S_2$	$S_3$	$S_4$
$\mathcal{E}_1$	1,0	1,0	1,0	1,0
$\mathcal{E}_2$	1,0	1,0	0,67	0,5
$\mathcal{E}_3$	1,0	1,0	1,0	1,0
$\mathcal{E}_4$	1,0	1,0	1,0	1,0

Принимая  $\beta_{\text{крит}} = 0,5$ , приходим к выводу, что «спорной» является группировка  $\mathcal{E}_2$  в группах  $S_4$ .

Поскольку даже при исключении названной группировки обобщенные группировки  $S_{04}$  не изменится, что легко проверить, то нет необходимости вновь рассчитывать показатели согласованности индивидуальных групп и повторять построение согласованных группировок. Таким образом, ограничений для построения дерева свойств нет. Дерево свойств для железобетонных плит балконов и лоджий представлено на рис. 5.3.



Рис. 5.3. Дерево свойств для железобетонных плит балконов и лоджий

### 3. Методика выполнения и оформления работы

3.1. Построить «начерно» дерево свойств для выбранного объекта исследования.

3.2. Определить перечень простых свойств для данного объекта.

3.3. Провести экспертный опрос.

3.3.1. Предложить экспертам отнести предлагаемые частные показатели к представленным на дереве свойств комплексным показателям.

3.3.2. Определить меру принадлежности  $A$  частных показателей к той или иной группе комплексных показателей, с использованием выражения (5.1).

3.3.3. Сравнить полученное значение  $A$  с предварительно заданным критическим значением  $A_{\text{крит}}$ .

3.3.4. Найти показатели, при которых  $A(\alpha) > A_{\text{крит}}$  и составить согласованную группу  $S_{0i}$ . Результаты этого этапа представить в виде таблицы.

3.3.5. Проверить насколько группировка каждого эксперта совпадает с полученной обобщенной группой  $S_{0i}$ , определив меру согласованности индивидуальной группировки  $j$ -го эксперта с группой  $S_{0i} - \beta$ . Результаты этого этапа также представить в виде таблицы.

3.4. При отсутствии спорных группировок, построить полное дерево свойств.

#### Вопросы для самоподготовки

1. Каким образом производится оценка меры принадлежности частных показателей к той или иной группе комплексных показателей качества?

2. Что такое ситуация оценивания?

3. В чем суть экспертного метода, используемого при построении дерева свойств?

4. Назовите основные этапы построения дерева свойств.

5. Что понимают под термином «дерево свойств» продукции?

6. Какие правила необходимо соблюдать при построении дерева свойств?

## Практическое занятие № 6

# МЕТОДЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ КОЭФФИЦИЕНТОВ ВЕСОМОСТИ ЕДИНИЧНЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА ПРОДУКЦИИ

**Цель работы:** ознакомиться с основными этапами проведения экспертного опроса и рассчитать коэффициенты весомости единичных показателей качества продукции.

### 1. Основные сведения

С целью вычисления значений коэффициентов весомости свойств, определяющих качество оцениваемой продукции, используются следующие методы: стоимостный, вероятностный, экспертный и смешанный.

#### Стоимостный способ.

Основу этого способа составляет следующая предпосылка: весомость  $M_j$  является монотонно возрастающей функцией от аргумента  $S_j$ , выражающего денежные или трудовые затраты, необходимые для обеспечения существования  $j$ -го свойства. Иначе говоря, если  $M_j = \varphi(S_j)$ , то

$$\begin{aligned} &\text{при } S_j > S_{j-1} \\ &M_j > M_{j-1}. \end{aligned}$$

#### Вероятностный способ.

Данный способ определения весомости отдельных свойств качества может применяться только к тем продуктам труда, для которых имеется достаточно большое количество модификаций, позволяющее использовать аппарат математической статистики.

Метод базируется на предположении, что среди свойств, определяющих качество любого продукта труда, для каждого  $j$ -го свойства всегда можно подобрать хотя бы одно «конкурирующее»  $j'$ -е свойство, взаимосвязь между которыми в конечном виде определяется выражениями:

$$\begin{cases} P_j \neq P_j^{\text{эт}}, \\ \text{при } P_{j'} = P_{j'}^{\text{эт}}, \end{cases} \quad (6.1)$$

где  $P_j^{\text{эт}}$  и  $P_{j'}^{\text{эт}}$  – эталонные значения абсолютных показателей  $j$ -го и  $j'$ -го свойства качества.

В соответствии с данным методом: **весомость тем выше, чем больше в среднем степень приближения к эталону.**

Исходя из этого принципа, весомость  $M_j$  вычисляют по формуле

$$M_j \cong \overline{M}_j = \frac{\sum_{i=1}^r \frac{K_{ji}}{\sum_{j=1}^n K_{ji}}}{r}, \quad (6.2)$$

где  $r$  – достаточно большое количество анализируемых проектов одного и того же продукта труда ( $i=1, 2, \dots, r$ ), выполненных разными проектировщиками;

$K_{ji}$  – относительная оценка  $j$ -го свойства в  $i$ -м проекте, иначе говоря, оценка степени приближения в  $i$ -м проекте абсолютного показателя  $j$ -го свойства  $P_j$  к своему эталонному значению  $P_j^{\text{эт}}$ .

### Смешанный способ.

Суть смешанного способа заключается в использовании некоторой комбинации весомостей, полученных с использованием разных принципов: стоимостного и экспертного, стоимостного и вероятностного, экспертного и вероятностного.

### Экспертный способ.

Этот способ основан на усреднении оценок весомостей, даваемых группой экспертов. Весомость  $M_j$  определяется на его основе в подавляющем большинстве методик оценки качества. Однако незнание теории и правил проведения экспертизы приводит к тому, что допускаются серьезные ошибки.

## 2. Экспертные методы определения коэффициентов весомости

**Экспертным** называется метод, при котором решение о рассматриваемой характеристике качества продукции принимается на основании мнений экспертов.

К экспертам могут относиться специалисты высокой квалификации в определенной области знаний или потребитель продукции.

В последнее время экспертные методы наиболее широко применяются в научных исследованиях.

В квалиметрии экспертные методы применяются:

- 1) для определения величин отдельных характеристик качества продукции;
- 2) для определения объема информации о качестве продукции;
- 3) для определения величин коэффициентов весомости;
- 4) для ранжирования характеристик качества продукции;

5) для выбора процедур формализации характеристик качества продукции;

6) для выбора вида и типа выборочной средней при формировании функции оценивания.

Перечень и последовательность основных этапов работы экспертной комиссии состоит в следующем:

- назначение лиц, ответственных за организацию и проведение работ по экспертной оценке качества продукции;
- формирование экспертной и рабочей групп;
- разработка классификации и определение номенклатуры показателей качества оцениваемой продукции;
- подготовка анкет и пояснительных записок для опроса экспертов;
- оценка и опрос экспертов;
- обработка экспертных оценок;
- анализ и оформление результатов экспертной оценки качества (или показателей качества) продукции.

Число экспертов зависит от требуемой точности оценок, допустимой трудоемкости оценочных процедур, а также возможностей организации работы группы экспертов. На практике оптимальное число экспертов составляет 6-10 человек.

В практике экспертной оценки качества, в частности при экспертной оценке потребительских свойств продукции в основном применяются комплексная и оперативная экспертизы.

**Комплексная экспертиза** проводится для всестороннего изучения и оценки качества групп однородных изделий, выпускаемых промышленностью серийно. В связи с этим при экспертизе реализуют системный, комплексный подход к анализу и оценке продукции. При комплексной экспертизе получают не только более полную характеристику оцениваемого объекта, но и определенный научный, методический и нормативный материал, используемый при проведении других видов экспертизы.

**Оперативная экспертиза** основывается на данных, полученных при проведении предшествующих комплексных экспертиз. Этот прием позволяет существенно сократить объем и сроки экспертных работ при достаточной глубине и обоснованности экспертных заключений.

При экспертном методе оценку уровня качества или показателя того или иного свойства продукции определяют в безразмерных единицах.

**Основными принципами экспертного метода** являются:

- 1) применение метода обосновано, когда нельзя использовать другие более объективные методы (аналитические, расчетные);
- 2) исключение факторов, влияющих на искренность суждения экспертов;
- 3) независимость экспертов;

- 4) высокая компетентность экспертов;
- 5) достаточное количество экспертов;
- 6) допустимость математической обработки решений экспертов;
- 7) заинтересованность эксперта в работе.

**Компетентность** – это всестороннее знание экспертом объекта и методов оценивания его характеристик. Для определения показателя компетентности  $K_{\text{ком}}$  используют обычно три составляющие:

1) самооценку, когда эксперт дает себе оценку сам, например, в баллах или научными заслугами, научными трудами, административной деятельностью  $K_{\text{ком}}^C$ ;

2) взаимооценку, когда эксперта оценивают другие эксперты (обычно средние из их оценок)  $K_{\text{ком}}^B$ ;

3) тестирование по хорошо известным характеристикам качества продукции.

Для количественной оценки компетентности используют формулу

$$K_{\text{ком}} = 0,4K_{\text{ком}}^C + 0,6K_{\text{ком}}^B. \quad (6.3)$$

Необходимо, чтобы при этом определение  $K_{\text{ком}}^C$  и  $K_{\text{ком}}^B$  проводилось в едином интервале – от 0 до 1 или от 0 до 100.

Эксперты могут выразить свое мнение следующими способами:

- 1) непосредственным измерением;
- 2) ранжированием;
- 3) сопоставлением и т.д.

#### **Способ ранжирования**

Эксперта просят расположить объекты экспертизы в порядке их предпочтения. Место, занятое при такой расстановке в ранжированном ряду, называется рангом.

Значения весовых коэффициентов в таком случае рассчитывается по формуле

$$M_j = \frac{\sum_{i=1}^n M_{ij}}{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m M_{ij}}, \quad (6.4)$$

где  $n$  – количество экспертов;

$m$  – число коэффициентов весомости;

$M_{ij}$  – коэффициент весомости  $j$ -го объекта, данный  $i$ -м экспертом.

При определении весовых коэффициентов методом ранга экспертам предлагается заполнить табл. 6.1.



Таблица 6.1

Номер объекта	Номера экспертов				

За меру согласованности экспертов при этом принимается коэффициент конкордации  $W$ :

$$W = \frac{12S}{n^2(m^3 - m) - n \sum_1^n T_j}, \quad (6.5)$$

где  $S$  – сумма квадратов отклонений рангов каждого объекта от среднего арифметического;

$n$  – число экспертов;

$m$  – число объектов.

$T_j = \sum (t_j^3 - t_j)$ ;  $t_j$  – число одинаковых рангов в  $j$ -м ранжировании

При  $W=0$  можно считать, что согласованности нет, а при  $W=1,0$  – полное единодушие.

Значимость коэффициента конкордации оценивают по  $\chi^2$ :

$$\chi^2 = W \cdot n(m-1). \quad (6.6)$$

Если  $\chi^2 > \chi_{\text{табл}}^2$ , то показатель  $W$  значим с установленной вероятностью. Значения  $\chi_{\text{табл}}^2$  приведены в табл.6.2.

Таблица 6.2

Значения квантиля  $\chi^2$ -распределения  
при различном числе степеней свободы

Доверительная вероятность $P$	Значения $\chi_{\text{табл}}^2$										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
0,99	6,6	9,2	11,3	13,3	15,1	16,8	18,5	20,1	21,7	23,2	24,7
0,95	3,8	6,0	7,8	9,5	11,1	12,6	14,1	15,5	16,9	18,3	19,7

**Пример.** Определить степень согласованности мнений 5 экспертов при ранжировании объектов. Результаты ранжирования 7 объектов этими экспертами приведены в табл. 6.3.

Таблица 6.3

## Результаты ранжирования

Номер объекта	Номера экспертов					Сумма рангов	Отклонение от среднего арифметического	Квадрат отклонения от среднего арифметического
	1	2	3	4	5			
1	3	4	3	4	2	16	-4	16
2	4	2	2	3	3	14	-6	36
3	2	3	4	2	4	15	-5	25
4	6	6	5	6	6	29	9	81
5	1	1	1	1	1	5	-15	225
6	5	5	6	5	5	26	6	36
7	7	7	7	7	7	35	15	225
$P_{cp}=140/7=20$								644

**Решение:**

1. Находим среднее арифметическое рангов

$$P_{cp}=(16+14+15+29+5+26+35)/7=20.$$

2. Определяем сумму квадратов отклонения от среднего арифметического –  $S=644$ .

3. Находим коэффициент конкордации –  $W=12 \cdot 644 / 25(343-7)=0,92$ .

4. Для величины  $W=0,92$  степень согласованности можно принять вполне удовлетворительной.

Если согласованность недостаточная, то проводят тренировки, разбор ошибок и повторяют оценку меры согласованности.

Желательно, чтобы для оценок однотипной продукции экспертная комиссия формировалась из постоянных экспертов и членов рабочей группы. Это связано с тем, что в процессе работы относительно постоянной комиссии накапливается опыт работы, происходит обучение ее членов, вырабатываются общие подходы и принципы, а это повышает эффективность работы экспертной комиссии.

Далее рассчитываем коэффициенты весомости:

$$M_1=16/140=0,114; M_2=14/140=0,100; M_3=15/140=0,107; M_4=29/140=0,207; \\ M_5=5/140=0,036; M_6=26/140=0,186; M_7=35/140=0,250.$$

Проверяем условие  $\sum_{i=1}^7 M_i = 1$

**Способ попарного сопоставления**

При этом способе эксперт получает таблицу (табл. 6.4), в которой по вертикали и горизонтали проставлены номера объектов экспертизы (показателей качества). Эксперту необходимо проставить в каждой клетке,

относящейся двум сравниваемым объектам (показателям), номер того объекта (показателя), который он считает наиболее важным.

Т а б л и ц а 6.4

Номер объекта	1	2	3	4	5	6
1	X					
2	-	X				
3	-	-	X			
4	-	-	-	X		
5	-	-	-	-	X	
6	-	-	-	-	-	X

При попарном сопоставлении используется только верхняя часть таблицы. Расчет весовых коэффициентов производится по формуле:

$$M_j = \sum_{i=1}^n \frac{F_{ij}}{n}, \quad (6.7)$$

где  $F_{ij}$  – частота предпочтения  $i$  экспертом  $j$  объекта, которая определяется следующим образом:

$$F_{ij} = \frac{N_{ij}}{C}, \quad (6.8)$$

где  $N_{ij}$  – число предпочтений  $i$ -м экспертом  $j$ -го объекта экспертизы;

$C$  – общее число суждений одного эксперта, связанное с числом объектов экспертизы  $m$  соотношением:

$$C = m(m-1)/2. \quad (6.9)$$

**Пример.** Мнения четырех экспертов о четырех объектах экспертизы выражены следующим образом, как это показано в табл. 6.5-6.8. По сумме предпочтений каждого объекта экспертизы построить ранжированный ряд, являющийся результатом многократного измерения. Определить весомость членов ряда.

Т а б л и ц а 6.5

Мнение 1-го эксперта

Номер объекта	1	2	3	4
1	X	1	3	1
2		X	3	2
3			X	3
4				X

Таблица 6.6

Мнение 2-го эксперта

Номер объекта	1	2	3	4
1	X	1	1	1
2		X	3	2
3			X	4
4				X

Таблица 6.7

Мнение 3-го эксперта

Номер объекта	1	2	3	4
1	X	1	3	1
2		X	2	2
3			X	3
4				X

Таблица 6.8

Мнение 4-го эксперта

Номер объекта	1	2	3	4
1	X	1	1	1
2		X	3	2
3			X	3
4				X

**Решение**

1. Число предпочтений  $i$ -м экспертом  $j$ -го объекта экспертизы:

$$N_{1,1} = 2; N_{2,1} = 3; N_{3,1} = 2; N_{4,1} = 3;$$

$$N_{1,2} = 1; N_{2,2} = 1; N_{3,2} = 2; N_{4,2} = 1;$$

$$N_{1,3} = 3; N_{2,3} = 1; N_{3,3} = 2; N_{4,3} = 2;$$

$$N_{1,4} = 0; N_{2,4} = 1; N_{3,4} = 0; N_{4,4} = 0.$$

2. Общее число суждений одного эксперта

$$C = \frac{m(m-1)}{2} = \frac{4(4-1)}{2} = 6.$$

3. Частота предпочтения  $i$ -м экспертом  $j$ -го объекта экспертизы  $F_{ij}$

$$F_{1,1} = \frac{2}{6} = 0,33; F_{2,1} = \frac{3}{6} = 0,5; F_{3,1} = \frac{2}{6} = 0,33; F_{4,1} = \frac{3}{6} = 0,5;$$

$$F_{1,2} = \frac{1}{6} = 0,17; F_{2,2} = \frac{1}{6} = 0,17; F_{3,2} = \frac{2}{6} = 0,33; F_{4,2} = \frac{1}{6} = 0,17;$$

$$F_{1,3} = \frac{3}{6} = 0,5; F_{2,3} = \frac{1}{6} = 0,17; F_{3,3} = \frac{2}{6} = 0,33; F_{4,3} = \frac{2}{6} = 0,33;$$

$$F_{1,4} = \frac{0}{6} = 0; F_{2,4} = \frac{1}{6} = 0,17; F_{3,4} = \frac{0}{6} = 0; F_{4,4} = \frac{0}{6} = 0.$$

4. Весовой коэффициент  $j$ -го объекта экспертизы, по общему мнению всех экспертов:

$$M_1 = \frac{1}{4} \left( \frac{2}{6} + \frac{3}{6} + \frac{2}{6} + \frac{3}{6} \right) = \frac{10}{24}; M_2 = \frac{1}{4} \left( \frac{1}{6} + \frac{1}{6} + \frac{2}{6} + \frac{1}{6} \right) = \frac{5}{24};$$

$$M_3 = \frac{1}{4} \left( \frac{3}{6} + \frac{1}{6} + \frac{2}{6} + \frac{2}{6} \right) = \frac{8}{24}; M_4 = \frac{1}{4} \left( \frac{0}{6} + \frac{1}{6} + \frac{0}{6} + \frac{0}{6} \right) = \frac{1}{24}.$$

5. Сумма рангов

$$\sum_{j=1}^m M_j = \frac{10}{24} + \frac{5}{24} + \frac{8}{24} + \frac{1}{24} = \frac{24}{24} = 1.$$

6. Ранжированный ряд объектов экспертизы имеет вид: №4; №5; №3; №1 равноценны.

#### **Способ двойного попарного сопоставления**

При двойном попарном сопоставлении заполняется нижняя и верхняя части таблицы, при этом методика расчета весовых коэффициентов остается тем же самым, кроме расчета числа суждений экспертов. В этом случае число суждений экспертов определяется следующим образом:

$$C = m(m-1). \quad (6.10)$$

В том случае, когда при сопоставлении наблюдаются одинаковые ранговые оценки, результаты опроса специалистов обрабатываются следующим образом.

Сначала определяют сумму рангов по факторам  $\left( \sum_1^m a_{ij} \right)$ , а затем разность ( $\Delta i$ ) между суммой каждого фактора и средней суммой рангов и сумму квадратов отклонений ( $s$ ) по формулам (6.11) и (6.12).

$$\Delta i = \sum_1^m a_{ij} - \frac{\sum_1^n \sum_1^m a_{ij}}{n}, \quad (6.11)$$

$$s = \sum_1^m (\Delta i)^2, \quad (6.12)$$

где  $a_{ij}$  – ранг каждого  $i$ -го фактора у  $j$ -го исследователя;

$m$  – число исследователей;

$n$  – число факторов.

Полученные данные позволяют построить среднюю априорную диаграмму рангов, но предварительно необходимо оценить степень согласованности мнений всех исследователей с помощью коэффициента конкордации  $\omega$ , вычисляемого по формуле (6.13).

$$\omega = \frac{12 \cdot s}{m^2 \cdot (n^3 - n) - m \sum_1^m T_j}, \quad (6.13)$$

где  $T_j = \sum (t_j^3 - t_j)$ ;

$t_j$  – число одинаковых рангов в  $j$ -м ранжировании.

Использовать коэффициент конкордации можно после оценки его значимости, которая возможна с помощью  $\chi^2$ -распределения с числом степеней свободы  $f = n - 1$ .

Значение  $\chi^2$ -критерия определяют по формуле (6.14).

$$\chi^2 = \frac{12 \cdot s}{m \cdot n \cdot (n + 1) - \frac{1}{n - 1} \sum_1^m T_j}. \quad (6.14)$$

Гипотеза о наличии согласованности мнений исследователей может быть принята, если при заданном числе степеней свободы табличное значение  $\chi^2$  меньше расчетного для 5 %-го уровня значимости.

### Пример

Были опрошены пять специалистов, знакомых с изучаемой технологией ( $m=5$ ). Для оценки предоставлялись факторы, которые характеризуют условия изготовления материала, а именно: качество исходного сырья, оптимизация состава бетона, точность дозирования, время перемешивания бетонной смеси, время и интенсивность вибрирования, режим тепловлажностной обработки (ТВО), опыт и квалификация исполнителей.

Данные опроса были использованы для априорного ранжирования факторов с помощью выделения наиболее существенных из них. Проводился опрос с помощью анкеты, содержащей семь факторов ( $n=7$ ), которые нужно было проранжировать с учетом степени их влияния на качество железобетонных изделий.

Введем следующие обозначения:

$X_1$  – качество исходного сырья;

$X_2$  – оптимизация состава бетона;

$X_3$  – точность дозирования;

$X_4$  – время перемешивания бетонной смеси;

$X_5$  – время и интенсивность вибрирования;

$X_6$  – режим тепловлажностной обработки (ТВО);

$X_7$  – опыт и квалификация исполнителей.

Матрица рангов, полученная из анкет, приведена в табл. 6.9.

Т а б л и ц а 6.9

Исследо- ватели	Факторы ( $n = 7$ )							
	$X_1$	$X_2$	$X_3$	$X_4$	$X_5$	$X_6$	$X_7$	
1	6	7	2	5	3	4	1	
2	7	6	3	5	2	4	1	
3	7	6	2	5	4	3	1	
4	7	6	2	5	3	4	1	
5	6	7	2	4	3	5	1	
$\sum_1^m a_{ij}$	33	32	11	24	15	20	5	$\sum_1^n \sum_1^m a_{ij} = 140$
$\Delta i$	-13	-12	9	-4	5	0	15	$S = 660$
$(\Delta i)^2$	169	144	81	16	25	0	225	

$$\omega = \frac{12 \cdot 660}{5^2 \cdot (7^3 - 7)} = 0,94.$$

Коэффициент конкордации рассчитываем по формуле (6.13).

Так как величина коэффициента конкордации близко к единице, можно считать, что между мнениями исследователей имеется существенная связь.

Значимость коэффициента конкордации проверяли по  $\chi^2$ -критерию по формуле

$$\chi^2 = \frac{12 \cdot 660}{5 \cdot 7 \cdot (7 + 1)} = 28,28.$$

Из справочной литературы находим, что для 5 %-го уровня значимости при числе степеней свободы  $f = n - 1 = 7 - 1 = 6$   $\chi^2 = 12,6$ .

В связи с тем, что табличное значение  $\chi^2$ - критерия меньше расчетного, можно с 95 %-й доверительной вероятностью утверждать, что мнение исследователей относительно степени влияния факторов согласуется в соответствии с коэффициентом конкордации  $\omega = 0,9$ .

### Метод разности медиан

Применение метода разности медиан рекомендуется для группы экспертов, имеющих недостаточную квалификацию или информированность в области изучения свойств рассматриваемой продукции использовании данного метода для оценки значимости единичных показателей качества экспертам нет необходимости знать и ранжировать отдельные показатели качества продукции.

Экспертам предлагается сравнить несколько вариантов одноименной продукции и оценить их в условных единицах, например в баллах по пятибалльной шкале. Затем определяют фактические значения выбранных заранее единичных показателей качества продукции. Вычисляют средние значения ЕПК и обозначают текущие результаты знаком «+», если они окажутся лучше среднего, и знаком «-», если – хуже среднего. При кодировании необходимо учитывать разделение единичных показателей на позитивные и негативные. Все обозначения представляют в виде кодированной матрицы.

Затем строят диаграмму рассеивания, на которой по оси абсцисс размещают обозначения каждого из показателей, а по оси ординат для каждого из вариантов продукции откладывают соответствующие величины экспертных оценок ( $b_i$ ) на двух уровнях – «+» и «-» (рис. 6.1). Далее находят медианы точек на уровнях «+» и «-» и абсолютную разницу между значениями медиан (медиана- значение признака, которое делит всю совокупность, представленную в виде вариационного ряда, на две равные по числу вариантов части). Коэффициенты весомости показателей качества рассчитывают по формуле:

$$M_i = \frac{\Delta a_i}{\sum_{i=1}^n \Delta a_i}, \quad (6.15)$$

где  $\Delta a_i$  – абсолютная разность медиан на уровнях «+» «-» для  $i$ -го единичного показателя качества;

$n$  – число единичных показателей качества.

Приведем пример применения метода разности медиан для определения весомости показателей качества пластиковых окон различных производителей. В табл. 6.10 приведены экспертные оценки по пятибалльной шкале и фактические значения показателей качества пяти вариантов пластиковых окон.

На основании анализа фактических средних значений составлена кодированная матрица показателей (знаком «+» обозначены показатели, значения которых лучше средних, знаком «-» – показатели, значения которых хуже средних). По данным этой матрицы построена точечная диаграмма рассеивания (рис. 6.1) и найдены значения медиан на уровнях «+» ( $a_i$ )<sup>+</sup> и «-» ( $a_i$ )<sup>-</sup>. Затем по формуле (6.15) рассчитаны коэффициенты весомости единичных показателей качества.

Суущественно значимыми в рассматриваемом примере являются показатели, для которых  $M_i > 1/n = 1/6 = 0,17$ .

Таковыми показателями оказались сопротивление теплопередаче, коэффициент светопропускания, воздухопроницаемость.



Т а б л и ц а 6.10

## Результаты оценки пяти вариантов пластиковых окон

Номер объекта	Экспертная оценка качества $b_i$ , баллы	Показатели качества			
		$X_1$	$X_2$	$X_3$	$X_4$
1	5	0,62	27	0,48	3,5
2	4	0,62	27	0,47	3,3
3	3	0,61	27	0,41	3,3
4	2	0,61	26	0,35	3,2
5	1	0,61	27	0,35	3,1
Среднее		0,614	26,8	0,412	3,28
Кодированная матрица показателей					
1	5	+	+	+	+
2	4	+	+	+	+
3	3	-	+	-	+
4	2	-	-	-	-
5	1	-	+	-	-
$(a_i)^+$					
$(a_i)^-$					
$\Delta a_i = / (a_i)^+ - (a_i)^- /$					
$M_i$					
$M_{i0}$					

П р и м е ч а н и е : обозначения  $x_i$  соответствуют следующим единичным показателям:  $X_1$  – сопротивление теплопередаче,  $\frac{\text{м}^2 \cdot \text{С}}{\text{Вт}}$ ;  $X_2$  – изоляция воздушного шума транспортного потока, дБ;  $X_3$  – коэффициент светопропускания;  $X_4$  – воздухопроницаемость,  $\frac{\text{м}^3}{\text{ч} \cdot \text{м}^2}$ .

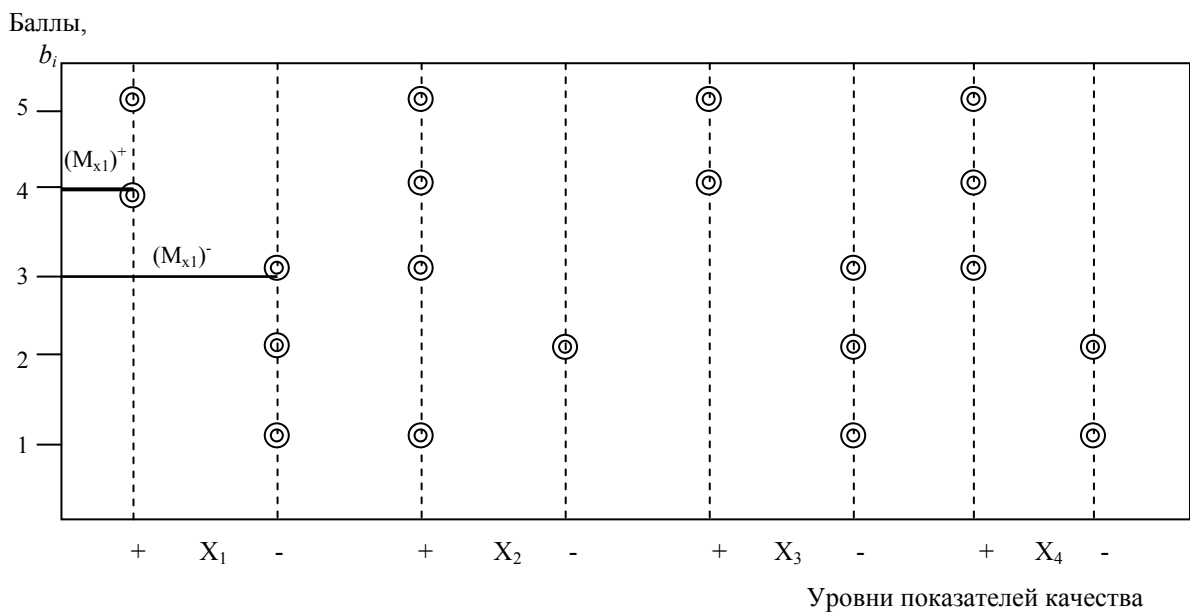


Рис.6.1. Точечная диаграмма рассеивания показателей качества пластиковых окон

## 2. Методика выполнения и оформления работы

2.1. Провести ранжирование установленных единичных показателей качества с использованием одного из предлагаемых методов.

2.2. Оценить согласованность мнений экспертов относительно важности каждого  $i$ -го единичного показателя.

2.3. Рассчитать коэффициент конкордации  $W$  и оценить его значимость по критерию  $\chi^2$ .

2.4. Проанализировать величину  $W$ : если  $W < 0,6$ , то необходимо выявить эксперта, чьи оценки наиболее отличаются от других..

2.5. Вычислить коэффициенты весомости показателей качества  $M_i$  и выявить существенно значимые ЕПК.

### Вопросы для самоподготовки

1. В чем сущность экспертного метода определения коэффициентов весомости единичных показателей качества?

2. Как оценивают общую согласованность мнений экспертов?

3. В чем разница между методами попарного и двойного попарного сопоставления?

4. Что такое весомость свойств качества?

5. В каких случаях применяется метод разности медиан?

6. Какие показатели называют позитивными, негативными и нейтральными?

7. Назовите этапы определения коэффициентов весомости единичных показателей качества продукции методом разности медиан.

8. Как определяют медиану для четного и нечетного количества точек ряда?

## Практическое занятие № 7

# ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОТНОСИТЕЛЬНЫХ (ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫХ) ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА ПРОДУКЦИИ В БЕЗРАЗМЕРНОЙ ФОРМЕ

**Цель работы:** ознакомиться со способами представления единичных показателей качества продукции в безразмерной форме.

### 1. Основные сведения

Для определения комплексного показателя качества продукции единичные показатели, коэффициенты весомости которых определены по любому методу из рассмотренных в работах № 3–5, переводят в относительные безразмерные показатели.

Преимущество относительных (безразмерных) показателей состоит в том, что они отражают основной механизм процесса оценивания. Этот механизм реализуется в дифференциальном методе оценивания и заключается в сравнении величины показателя, характеризующей свойство исследуемого объекта, с величиной, характеризующей это же свойство, но у объекта, принимаемого в качестве эталона (базы). Таким образом, относительные показатели характеризуют степень приближения оцениваемого свойства объекта к нормативному (базовому) значению. В качестве базовых значений, как правило, используются значения показателей, установленные в стандартах.

Существует несколько способов перехода от абсолютных показателей к относительным. Каждый из них находит применение в зависимости от характера количественного показателя и установленного варианта нормирования. Рассмотрим три наиболее вероятных варианта нормирования и соответствующие им способы построения относительных показателей.

**В первом случае** для абсолютной количественной характеристики проводится нормирование только по двум градациям: на сортную и несортную (брак). Решение о переводе в ту или иную категорию принимается на основе сравнения выборочного среднего значения с некоторым нормативом. Этот норматив задается либо минимально допустимым значением ( $a$ ) для позитивного показателя, либо максимально допустимым значением ( $b$ ) для негативного показателя. Условие соответствия продукции может быть задано в виде:

$$\left. \begin{array}{l} \bar{x} \geq a \quad \text{или} \quad \bar{x} \leq b \\ \bar{x} \geq a \quad \text{и} \quad \bar{x} \leq b \end{array} \right\} \quad (7.1)$$

В этом случае относительный показатель имеет бинарную конфигурацию, то есть обращается в единицу при выполнении условия (7.1) и обращается в ноль при его несоблюдении:

$$\left. \begin{array}{l} q = 1 \quad \text{при} \quad \bar{x} \geq a \quad \text{и} \quad \bar{x} \leq b \\ q = 0 \quad \text{при} \quad \bar{x} \leq a \quad \text{или} \quad \bar{x} \geq b \end{array} \right\} \quad (7.2)$$

Таким образом, происходит выбор значения относительного показателя из двух возможных вариантов.

**Во втором случае** для абсолютной количественной характеристики проводится нормирование по большому количеству градаций, вплоть до увеличения их количества до бесконечности, что равносильно непрерывной оценке.

Тогда вычисление относительных показателей подчиняется классической схеме, представленной в виде выражения с учетом классификации показателей на позитивные и негативные:

$$q = \left( \frac{\bar{x}}{\|x\|} \right)^{\text{sgn} \Delta x}, \quad (7.3)$$

где  $\text{sgn} \Delta x$  – сигнум-функция от  $\Delta X$ , то есть

$$\text{sgn} \Delta x = \begin{cases} +1, & \text{если } \Delta x = x_{\text{луч}} - x_{\text{худ}} \triangleright 0 - \text{позитивный ЕПК,} \\ -1, & \text{если } \Delta x = x_{\text{луч}} - x_{\text{худ}} \triangleleft 0 - \text{негативный ЕПК,} \end{cases}$$

$\|x\|$  – номинальное (базовое) значение единичного показателя качества.

При наличии нормативных документов, устанавливающих требования к продукции по нескольким уровням качества, базовым значением единичного показателя качества должно быть выбрано значение, соответствующее наилучшему уровню качества (первому, высшему и т.п.). Если нормативных значений не существует, то в качестве базового показателя могут быть выбраны следующие варианты:

$$\|x\| = \{x_{\text{б}}, m_{\text{в}}, m_{\text{н}}, X_{\text{max}}, X_{\text{min}}\}, \quad (7.4)$$

где  $x_{\text{б}}$  – значение показателя, характерное для наилучшего уровня, достигнутого предприятиями-конкурентами или партнерами;

$m_{\text{в}}$  – значение показателя, соответствующее верхней доверительной границе математического ожидания или среднеквадратического отклонения;

$m_{\text{н}}$  – значение показателя, соответствующее нижней доверительной границе математического ожидания или среднеквадратического отклонения;

$X_{\text{max}}$  – максимальное выборочное значение единичного показателя;

$X_{\text{min}}$  – минимальное выборочное значение единичного показателя.

Относительный показатель, определяемый по выражению (7.3), меняется в пределах от нуля до единицы, причем его изменение носит непрерывный характер. Чем ближе полученное значение к единице, тем более высокий уровень качества имеет исследуемый показатель качества. Выражение (7.3) можно применять в большинстве ситуаций оценивания.

**В третьем случае** относительные (дифференциальные) показатели определяются с учетом ограничений (допусков) на предельные значения показателей.

$$q = 1 - \frac{\|x\| - \bar{x}}{\|x\| - x_{\text{пр1}}}, \quad (7.4)$$

где  $\|x\|$  – номинальное значение показателя;

$\bar{x}$  – фактическое значение показателя;

$x_{\text{пр1}}$  – предельное значение диаметра снизу (определяется вычитанием предельного отклонения из номинального значения).

Данная формула справедлива для таких значений показателя, которые занижены относительно номинального значения или если на данный показатель имеются ограничения только снизу. В ситуации, когда значение показателя выше номинального и имеется ограничение сверху, следует применять формулу в виде

$$q = 1 - \frac{\bar{x} - \|x\|}{x_{\text{пр2}} - \|x\|}, \quad (7.5)$$

где  $x_{\text{пр2}}$  – предельное значение диаметра сверху (определяется прибавлением предельного отклонения к номинальному значению).

Значение  $q$  меняется от нуля до единицы и тем ближе к единице, чем ближе фактическое значение к заданному номинальному.

При выходе фактических значений показателя за установленные предельные границы следует автоматически принять значение  $q$ , равным нулю.

## 2. Методика выполнения и оформления работы

2.1. Получить у преподавателя задание для определения комплексного показателя качества выбранного объекта оценивания, содержащее перечень единичных показателей, их фактические и нормативные значения (пример задания для оценивания качества наружных стеновых панелей цоколя приведен в табл. 7.1).

Таблица 7.1

Пример задания для определения значений ЕПК  
в относительных единицах

Наименование показателей	Значение показателей	
	фактические	нормативные
1. Прочность при сжатии, кгс/см <sup>2</sup>	157,8	не менее 150
2. Средняя плотность бетона, кг/см <sup>3</sup>	1700	не более 1500
3. Влажность бетона, %	13	не более 12
4. Морозостойкость, циклов	50	не ниже 50
5. Толщина защитного слоя бетона, мм	20	не менее 30

2.2. Определить значения дифференциальных показателей, используя выражения (7.1)–(7.5).

2.3. Вычислить значения коэффициентов весомости единичных показателей по одному из методов, предлагаемых в работе № 6.

### Вопросы для самоподготовки

1. Какие варианты нормирования могут быть установлены для единичных показателей качества?

2. Какие варианты базовых значений применяются для вычисления дифференциальных показателей в безразмерной форме?

3. Что такое относительный показатель качества и как он определяется при наличии нескольких уровней градации качества?

3. Каким образом вычислить безразмерный относительный показатель при наличии ограничений (допусков) на предельные значения ЕПК?

## Практическое занятие № 8 ПОСТРОЕНИЕ НОМОГРАММ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ КОМПЛЕКСНОГО ПОКАЗАТЕЛЯ КАЧЕСТВА ПРОДУКЦИИ

**Цель занятия:** освоить методику построения и использования номограмм для определения комплексного показателя качества продукции.

### 1. Основные сведения

Для определения комплексных показателей качества продукции можно использовать следующие функции:

#### 1. Выборочная арифметическая:

$$Q_A = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n K_i. \quad (8.1)$$

#### 2. Выборочная геометрическая

$$Q_G = \sqrt[n]{\prod_{i=1}^n K_i}. \quad (8.2)$$

#### 3. Выборочная гармоническая

$$Q_H = \frac{n}{\sum_{i=1}^n \frac{1}{K_i}}. \quad (8.3)$$

#### 4. Выборочная арифметическая кумулятивная

$$Q_{KA} = \frac{G_{n-2} + K_n}{2}; \quad (8.4)$$

$$G_1 = \frac{K_1 + K_2}{2};$$

$$G_2 = \frac{G_1 + K_3}{2};$$

$$G_{n-2} = \frac{G_{n-3} + K_{n-1}}{2}.$$

#### 5. Выборочная геометрическая величина

$$Q_{KG} = \sqrt{G_{n-2} \cdot K_n}; \quad (8.5)$$

$$G_1 = \sqrt{K_1 \cdot K_2};$$

$$G_2 = \sqrt{G_1 \cdot K_3};$$

$$G_{n-2} = \sqrt{G_{n-3} \cdot K_{n-1}}.$$

### 6. Выборочная гармоническая кумулятивная

$$Q_{KG} = \frac{2}{\frac{1}{G_{n-2}} + \frac{1}{K_n}}; \quad (8.6)$$

$$G_1 = \frac{2}{\frac{1}{K_1} + \frac{1}{K_2}};$$

$$G_2 = \frac{2}{\frac{1}{G_1} + \frac{1}{K_3}};$$

$$G_{n-2} = \frac{2}{\frac{1}{G_{n-3}} + \frac{1}{K_{n-1}}}.$$

### 7. Выборочная арифметическая взвешенная

$$Q_{BA} = \sum_{i=1}^n M_i K_i. \quad (8.7)$$

### 8. Выборочная геометрическая взвешенная

$$Q_{BC} = \prod_{i=1}^n K_i^{M_i}. \quad (8.8)$$

### 9. Выборочная гармоническая взвешенная

$$Q_{BG} = \frac{1}{\sum_{i=1}^n \frac{M_i}{K_i}}. \quad (8.9)$$

### 10. Выборочная кумулятивная арифметическая взвешенная

$$Q_{KBA} = \alpha G_{n-2} + \beta K_n; \quad (8.10)$$

$$G_1 = \alpha K_1 + \beta K_2;$$

$$G_2 = \alpha G_1 + \beta K_3;$$

$$G_{n-2} = \alpha G_{n-3} + \beta K_{n-1};$$

$$\alpha + \beta = 1, 0.$$

### 11. Выборочная кумулятивная геометрическая взвешенная

$$Q_{KBC} = G_{n-2}^\alpha \cdot K_n^\beta; \quad (8.11)$$



$$\begin{aligned}
G_1 &= K_1^\alpha \cdot K_2^\beta; \\
G_2 &= G_1^\alpha \cdot K_3^\beta; \\
G_{n-2} &= G_{n-3}^\alpha \cdot K_{n-1}^\beta; \\
\alpha + \beta &= 1, 0.
\end{aligned}$$

### 12. Выборочная кумулятивная гармоническая взвешенная

$$Q_{KBГ} = \frac{1}{\frac{\alpha}{G_{n-2}} + \frac{\beta}{K_n}}; \quad (8.12)$$

$$G_1 = \frac{1}{\frac{\alpha}{K_1} + \frac{\beta}{K_2}};$$

$$G_2 = \frac{1}{\frac{\alpha}{G_1} + \frac{\beta}{K_3}};$$

$$G_{n-2} = \frac{1}{\frac{\alpha}{G_{n-3}} + \frac{\beta}{K_{n-1}}};$$

$$\alpha + \beta = 1, 0.$$

### 13. Выборочная обобщенная арифметическая

$$Q_{OA} = \frac{\sum_{i=1}^n K_i^2}{\sum_{i=1}^n K_i}. \quad (8.13)$$

Для удобства и быстроты определения комплексных показателей качества ( $Q$ ) по представленным выражениям часто применяют номограммы, которые следует строить на миллиметровой бумаге.

Номограмму для определения КПК по формуле (8.7) строят следующим образом (рис. 8.1). На прямоугольнике размером 200×160 мм наносят шкалы  $Q$  и  $K_i$ . Масштаб обеих шкал постоянный – 1 % шкалы соответствует 2 мм. Линии  $M_i$  представляют собой линейные функции:

$$l_i = m M_i K_i, \quad (8.14)$$

где  $m$  – масштабный коэффициент (в данном случае  $m = 2$ ).

Чтобы построить линию, например для  $M_i = 0,50$ , необходимо рассчитать абсциссы ее точек для  $K_i = 20\%$  и  $K_i = 100\%$ . Используя выражение (8.7), получаем  $l_{i20} = 2 \times 0,5 \times 20 = 20$  мм,  $l_{i100} = 2 \times 0,5 \times 100 = 100$  мм. Далее откладывают полученные значения соответственно на нижней и верхней гори-

горизонтальной линии номограммы и соединяют их прямой линией. Аналогично строят все линии для значений  $M_i = 0,05 \dots 1,00$  с интервалом  $0,05$ .

На рассмотренных номограммах для относительных показателей выбран диапазон значений  $20 \dots 100 \%$ , поскольку их значения, меньшие  $20 \%$ , характеризуют недопустимо низкие значения единичных показателей качества.

Для применения номограмм по определению комплексного показателя качества необходимо иметь значения относительных показателей и коэффициентов весомости единичных показателей качества продукции. Из точки на оси ординат, соответствующей известному значению  $K_i$ , восстанавливают перпендикуляр до пересечения с линией, соответствующей его коэффициенту весомости  $M_i$ , и линейкой измеряют длину полученного отрезка. Определенные таким образом длины отрезков для всех единичных показателей качества складываются, и суммарная длина откладывается от крайней левой точки шкалы  $Q$ . При этом по шкале получают значение комплексного показателя качества продукции.

**Пример.** Имеются следующие исходные данные:

$M_i$	0,10	0,20	0,25	0,17	0,28
$K_i, \%$	55,0	90,0	64,0	85,0	57,0

При расчете по формуле (8.7) получаем  $Q = 69,9 \%$ . При использовании номограммы значение  $Q$  составило  $70,0 \%$ .

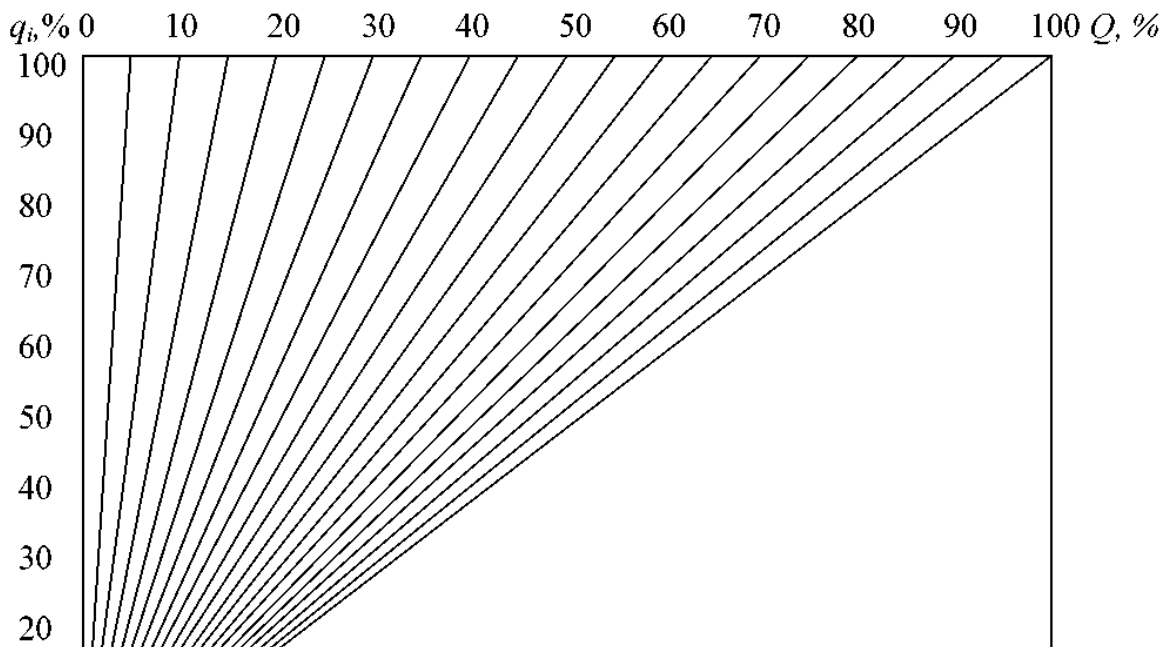


Рис. 8.1. Номограмма для определения комплексного показателя качества с помощью арифметического способа усреднения

## 2. Методика выполнения и оформления работы

2.1. Построить на миллиметровой бумаге номограмму для определения комплексного показателя качества с использованием взвешенной арифметической функции оценивания (рис. 8.1).

2.2. Взять значения показателей для определения комплексного показателя.

2.3. Определить значение комплексного показателя качества продукции на основании построенной номограммы.

2.4. Сравнить полученные результаты между собой и сделать вывод о точности построенной номограммы.

### Вопросы для самоподготовки

1. Назовите основные этапы построения номограмм для нахождения комплексных показателей качества продукции.

2. Каким образом определить значение комплексного показателя качества по номограммам?

# Практическое занятие № 9

## ПОЛУЧЕНИЕ КОЛИЧЕСТВЕННОЙ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА ПРОДУКЦИИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ КОМПЛЕКСНОГО МЕТОДА

**Цель занятия:** ознакомиться с методикой получения количественной оценки качества продукции.

### 1. Основные сведения

Данный метод оценки актуален для всех видов изделий, поскольку они обладают комплексом свойств. При оценке качества изделий в настоящее время в основном руководствуются действующими стандартами. Однако они не всегда позволяют сделать правильный вывод, какой же вид продукции является наиболее высококачественным, так как это требует определения многих показателей. Для того чтобы формализовать процедуру оценки качества и выразить единым обобщенным показателем качества, необходимо применить методологию квалиметрии.

При практических расчетах качества, как правило, используют любую ветку дерева свойств (поддерево), простирающуюся не менее, чем на два уровня.

Сущность апробированного подхода заключается в следующем. Предполагается, что упорядоченное множество показателей качества изделия представляет трехуровневое иерархическое дерево, схематично показанное на рис. 9.1, где на нулевом (0) уровне расположен обобщенный показатель качества  $K^{(0)}$  на первом (1) – подмножество сложных и простых показателей,  $k_1^{(1)}, \dots, k_n^{(1)}$ , на втором (2) – подмножество простых показателей качества  $k_1^{(2)}, \dots, k_n^{(2)}$ . Если при такой иерархии между показателями качества первого и второго уровней обеспечивается взаимосвязь:

$$k_n^{(1)} = \sum_{j=1}^m \beta_j \cdot k_j^{(2)}, \quad (9.1)$$

то обобщенный показатель качества вычисляется по формуле

$$K^{(0)} = \omega \sum_{j=1}^l \alpha_j \cdot k_j^{(1)}, \quad (9.2)$$

где  $\omega$  – функция вето, равная нулю, если хотя бы один из показателей находится на неприемлемом уровне, и единице – в остальных случаях;

$\alpha_j$  и  $\beta_j$  – коэффициенты весомости показателей качества, соответственно, первого и второго иерархических уровней, связанные условием:

$$\sum_{j=1}^m \beta_j = 1; \quad \sum_{j=1}^l \alpha_j = 1.$$

Нормированные оценки для показателей качества  $k_j$ , входящих в уравнение (9.2), рассчитываются по формуле (9.3):

$$k_j = \exp\{-\exp[0,5 - 3,5R]\}, \quad (9.3)$$

где для перевода натуральных значений показателей качества  $r$ , в нормированный вид  $R$ , используются следующие зависимости:

– для откликов, ограниченных с одной стороны

$$R = \left\{ \begin{array}{l} (r - r_{\min}) / 2J_r, r \in [r_{\min}; r_{\max}]; \\ (r_{\max} - r) / 2J_r, r \in [r_{\min}; r_{\max}]; \\ 0, r < r_{\min}; \\ 0, r > r_{\max}; \end{array} \right\} \quad (9.4)$$

– для откликов, ограниченных с двух сторон

$$R = \left\{ \begin{array}{l} (r - r_{\min}) / J_r, r \in [r_{\min}; 0,5(r_{\max} + r_{\min})]; \\ (r_{\max} - r) / J_r, r \in [0,5(r_{\max} + r_{\min}); r_{\max}]; \\ 0, r < r_{\min}; \\ 0, r > r_{\max}. \end{array} \right\} \quad (9.5)$$

В соотношениях (9.4), (9.5)  $J_r = 0,5(r_{\max} - r_{\min})$  – интервал варьирования натуральных значений показателей качества.

На основе функции двойной экспоненты (9.3) наряду с количественной оценкой можно сформировать качественную шкалу желательности как для искомых свойств, так и для обобщенного показателя качества  $K^{(0)}$ :

- от 0,90 до 1,0 – отлично;
- от 0,8 до 0,90 – очень хорошо;
- от 0,63 до 0,8 – хорошо;
- от 0,37 до 0,63 – удовлетворительно;
- от 0,2 до 0,37 – плохо ;
- от 0,0 до 0,2 – очень плохо.

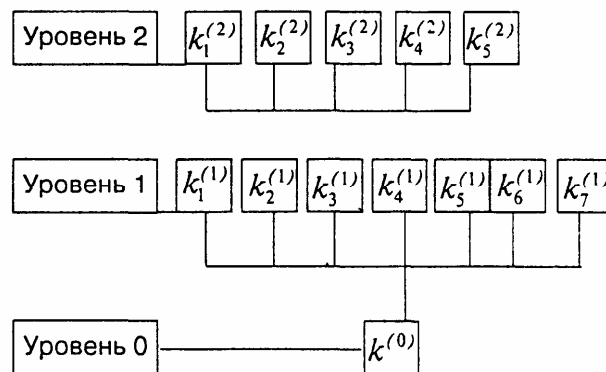


Рис. 9.1. Дерево показателей качества для изделий

**Пример.** Сравнительная оценка цветных железоксидных пигментов вызывает затруднения. Применение принципов квалиметрии позволяет достаточно корректно решить эту задачу.

Показатели качества пигментов, которые были использованы при оценке, представлены в табл. 9.1. Для выбора функций нормирования необходимо выяснить, какое значение каждого показателя является лучшим. Так, при сравнении показателей яркости, насыщенности лучшим значением является наибольшее, поэтому для нормирования была применена функция (9.4) – первая строчка. Для нормирования таких показателей, как укрывистость, плотности, маслосъемкость, применили функцию (9.4) – вторая строчка, так как лучшее значение этих показателей является наименьшим. Поскольку для показателя «рН водной вытяжки» имеется ограничение с двух сторон и наилучшие значения равны 7-7,5, была использована функция нормирования (9.5).

Т а б л и ц а 9.1

Значения абсолютных показателей качества

№ пигмента	Пигмент	Показатель качества					
		Укрывистость, г/м <sup>2</sup>	Маслосъемкость, г/100г	рН водной вытяжки	Плотность, кг/м <sup>3</sup>	Яркость цвета, у	Насыщенность тона, р, %
1	Охра	90	40	7,5	3050	22,5	77
2	Сиена	95	65	7,0	3200	25	29
3	Сурик	20	17,5	7,0	3900	15,0	32,5
4	Мумия	32,5	20,5	7,0	3500	9,5	63
5	Умбра	20	92,5	7,0	2950	10,0	10,0
6	Желтый	16	52,5	5,25	3850	38,5	77
7	Красный	7	30	6,25	4750	9,95	52

Полученные отклики нормированных показателей свойств и обобщенного показателя качества представлены в табл.9.2.

При расчете обобщенного показателя качества нами принято, что все значения коэффициентов весомости равны. В общем случае коэффициенты весомости выбираются на основе экспертных оценок.

По значению обобщенного показателя качества пигменты располагаются следующим образом: мумия>сурик>охра>охра>желтый>красный>умбра>сиена. Наибольший обобщенный показатель качества у пигментов мумия (0,84 ) и сурик (0,82), что соответствует оценке «очень хорошо». Пигменты охра, желтый, красный, умбра и сиена характеризуются оценкой «хорошо». Однако из них наиболее высокий обобщенный показатель имеет охра (0,78).

Т а б л и ц а 9.2

Результаты расчета нормированных показателей свойств  
и обобщенного показателя качества

№ *	Укры- вистость, г/м <sup>2</sup>		Маслоем- кость, г/100г		рН водной вытяжки		Плот- ность, кг/м <sup>3</sup>		Яркость цвета, у		Насыщен- ность тона, р, %		Цвет К <sub>3</sub> <sup>(1)</sup>	К <sup>0</sup>
	R <sub>1</sub> <sup>(1)</sup>	K <sub>1</sub> <sup>(1)</sup>	R <sub>2</sub> <sup>(1)</sup>	K <sub>2</sub> <sup>(1)</sup>	R <sub>3</sub> <sup>(1)</sup>	K <sub>3</sub> <sup>(1)</sup>	R <sub>4</sub> <sup>(1)</sup>	K <sub>4</sub> <sup>(1)</sup>	R <sub>5</sub> <sup>(1)</sup>	K <sub>5</sub> <sup>(1)</sup>	R <sub>6</sub> <sup>(1)</sup>	K <sub>6</sub> <sup>(1)</sup>		
1	0,06	0,26	0,7	0,87	2	0,99	0,94	0,82	0,45	0,71	1,00	0,95	0,83	0,78
2	0	0,19	0,37	0,63	1,55	0,99	0,86	0,82	0,53	0,78	0,3	0,57	0,67	0,68
3	0,85	0,92	1,00	0,95	1,55	0,99	0,47	0,73	0,19	0,43	0,35	0,62	0,52	0,82
4	0,71	0,87	0,96	0,94	1,55	0,99	0,69	0,64	0	0,19	0,83	0,91	0,55	0,84
5	0,85	0,92	0	0,19	1,55	0,99	1,00	0,56	0,02	0,57	0	0,19	0,38	0,69
6	0,90	0,93	0,53	0,78	0	0,19	0,5	0,76	1,00	0,95	1,00	0,95	0,95	0,72
7	1,00	0,95	0,83	0,91	0,89	0,93	0	0,19	0,01	0,21	0,66	0,85	0,53	0,70

\* № пигмента по табл. 9.1.

## 2. Методика выполнения и оформления работы

- 2.1. Построить дерево свойств (можно в упрощенном варианте).
- 2.2. Произвести оценку весомостей свойств с использованием одного из способов, предлагаемых в работе №6.
- 2.3. Определить абсолютные значения показателей качества изделий различных производителей для определения комплексного показателя.
- 2.4. Определить значение комплексного показателя качества продукции и сравнить полученные результаты оценки качества продукции различных производителей.
- 2.5. Построить ранжированный ряд.

### Вопросы для самоподготовки

1. Каким образом производится определение нормированных оценок показателей качества продукции?
2. Приведите пример откликов, ограниченных с одной и с двух сторон.
3. Что такое функция вето?

# Практическое занятие № 10

## ИНТЕГРАЛЬНЫЙ МЕТОД ОЦЕНКИ УРОВНЯ КАЧЕСТВА ПРОДУКЦИИ

**Цель занятия:** ознакомиться с интегральным методом оценки уровня качества продукции.

### 1. Основные положения

Интегральным показателем качества  $P_{ин}$  называется итоговый комплексный показатель, характеризующий в наиболее общей форме эффективность работы изделия.

Интегральный показатель качества принимают для расчета  $У_{ин}$  тогда, когда установлен суммарный полезный эффект от эксплуатации и суммарные затраты на создание и эксплуатацию изделия. Интегральный показатель качества есть комплексный показатель в виде отношения суммарного полезного эффекта от эксплуатации к суммарным затратам на его создание, приобретение, монтаж у потребителя и т.д. Его рассчитывают либо как отношение суммарного полезного эффекта, выраженного в натуральных единицах измерения, от эксплуатации изделия к затратам на ее создание и эксплуатацию за весь срок службы:

$$P_{ин} = \frac{W}{(K_c + Z_э)} \quad (10.1)$$

либо как обратное отношение этих затрат к полезному эффекту:

$$P_{ин} = \frac{(K_c + Z_э)}{W}, \quad (10.2)$$

где  $W$  – полезный эффект, т.е. количество единиц продукции;

$K_c$  – суммарные капиталовложения, включающие оптовую цену, а также затраты на установку и т.д.;

$Z_э$  – эксплуатационные затраты за весь срок службы изделия.

В первом случае интегральный показатель качества характеризуется полезным эффектом, приходящимся на одну денежную единицу суммарных затрат, а во втором – суммой затрат в денежных единицах, приходящихся на единицу полезного эффекта. Эти формулы справедливы для срока службы изделия до одного года.

При сроке службы изделия более одного года интегральный показатель качества вычисляют по формуле

$$P_{ин} = \frac{W}{K_c \varphi(t) + Z_э}, \quad (10.3)$$

где  $\varphi(t)$  – поправочный коэффициент, зависящий от срока службы изделия,  $t$  лет.



Его вычисляют по формуле

$$\varphi(t) = \frac{E_n(1 + E_n)^{t-1}}{(1 + E_n)^t - 1}, \quad (10.4)$$

где  $E_n$  – нормативный коэффициент окупаемости капиталовложений, обычно принимаемый равным 0,15.

Расчет интегрального показателя по этой формуле справедлив при следующих условиях:

- ежегодный эффект от эксплуатации или потребления продукции из года в год остается одинаковым;
- ежегодные эксплуатационные затраты тоже одинаковые;
- срок службы составляет целое число лет.

Расчетные значения коэффициента  $\varphi(t)$  на период до 24 лет при  $E_n$ , равном 0,15, приведены в табл. 10.1.

Несколько упрощенно, когда не известен срок эксплуатации изделия,  $P_{ин}$  рассчитывают по следующей формуле:

$$P_{ин} = \frac{W}{K_c(1 + E_n)^t + 3_s}. \quad (10.5)$$

Т а б л и ц а 10.1

Расчетные значения коэффициента  $\varphi(t)$

$t$	$\varphi(t)$	$t$	$\varphi(t)$	$t$	$\varphi(t)$
1	1,000	9	0,182	17	0,144
2	0,539	10	0,174	18	0,142
3	0,381	11	0,166	19	0,140
4	0,304	12	0,160	20	0,139
5	0,262	13	0,156	21	0,138
6	0,244	14	0,152	22	0,137
7	0,210	15	0,149	23	0,136
8	0,194	16	0,146	24	0,135

Здесь величина коэффициента  $E_n$  принимается в зависимости от принятого нормативного срока использования оцениваемого изделия.

Интегральный показатель уровня качества оцениваемого изделия находят как частное от деления значения интегрального показателя качества оцениваемого изделия на соответствующее базовое значение, т.е.

$$Y_{ин} = \frac{P_{ин}}{P_{ин.баз}}. \quad (10.6)$$

### Пример

Определить интегральный технико-экономический показатель уровня качества улучшенной модели металлорежущего станка, сравнив его с базовой моделью (табл. 10.2).

Т а б л и ц а 10.2

#### Исходные данные

Показатели качества	Значения показателя	
	оцениваемого станка	базового станка
Годовая производительность при безотказной работе, тыс. дет.	20	20
Время простоев из-за отказов, %	3	6
Стоимость станка, тыс. руб.	200	50
Годовые затраты на ремонт, тыс. руб.	2	4
Прочие годовые эксплуатационные расходы, тыс. руб.	40	40
Срок службы, лет	12	3

Годовой полезный эффект от эксплуатации базового станка с учетом простоев из-за отказов составляет  $W_{ин. баз} = 20(1-0,06) = 18,8$  тыс. деталей, а оцениваемого  $W_{ин. оц} = 20(1-0,03) = 19,4$  тыс. деталей.

При сроке службы обрабатывающих центров более одного года и принимая  $E_n=0,15$ , интегральный показатель качества рассчитывается по формуле (10.3). Значение коэффициентов  $\varphi(t)$  находят по формуле (10.4) или по табл.10.1.

Тогда интегральный показатель для оцениваемого обрабатывающего центра:

$$P_{ин. оц} = \frac{19,4}{200 \cdot 0,16 + (40 + 2)} = 0,26 \text{ тыс. дет / руб.}$$

Интегральный показатель для базового станка:

$$P_{ин. баз} = \frac{18,8}{50 \cdot 0,381 + (40 + 4)} = 0,30 \text{ тыс. дет / руб.}$$

Уровень качества оцениваемого станка по сравнению с базовым составляет:  $Y_{ин} = \frac{K_{ин. оц}}{K_{ин. баз}} = \frac{0,26}{0,30} = 0,86$ .

Поскольку  $Y_k < 1$ , следовательно, оцениваемая улучшенная модель металлорежущего станка хоть и обладает более высокими эксплуатационными характеристиками, но является более дорогой. Поэтому по совокупности свойств она уступает базовому станку.

## 2. Методика выполнения и оформления работы

2.1. Определить перечень основных показателей качества продукции (в соответствии с заданием преподавателя). Примеры заданий представлены в табл. 10.3-10.5.

Т а б л и ц а 10.3

Исходные данные для расчета интегральных показателей качества роботов-манипуляторов

Обозначение	Наименование	Вариант 1	Вариант 2
К1	Производительность, манипуляций/ч	630	700
К2	Коэффициент технического использования	0,984	0,99
К3	Срок службы, лет	10	11
К4	Количество отказов в год, единиц	12	14
К5	Время устранения отказа, ч	3,5	4
К6	Цена, тыс.руб.	3200	3500
К7	Стоимость 1 часа эксплуатации, тыс.руб.	0,4	0,45
К8	Стоимость 1 часа устранения отказа, тыс.руб.	50	56
F	Годовой фонд рабочего времени, ч	4015	4015

Т а б л и ц а 10.4

Исходные данные для выбора наиболее целесообразного варианта технической системы

Обозначение	Наименование показателей	Варианты				
		1	2	3	4	5
К1	Стоимость системы, млн.руб.	12,4	14,7	16,5	18,7	35,8
К2	Среднее количество отказов в год, единиц	19	14	9	5	1
К3	Средние затраты времени на обнаружение одного отказа, ч	1,5	1,5	2	2	2,5
К4	Средние затраты времени на устранение одного отказа, ч	10	10	13	18	45
К5	Средние затраты на один час поиска отказов, тыс.руб.	25	25	35	35	50
К6	Средние расходы на один час ремонтных работ, тыс.руб.	17	19	23	27	32
К7	Срок службы системы, лет	8	8	8	8	8
К8	Доходы за каждый фактически отработанный системой час, тыс. руб.	5	5	5	5	5
К9	Эксплуатационные расходы за каждый фактически отработанный системой час, тыс.руб.	3	3	3	4	4
К10	Штрафные санкции за каждый час простоев системы, тыс.руб.	65	65	65	65	65

Т а б л и ц а 10.5

Исходные данные для расчета интегральных показателей качества  
базового и нового станка

№ п/п	Показатель	Базовый	Новый
1	Затраты на создание станка, руб.	21000	23000
2	Эксплуатационные затраты у потребителя, руб/ч	2,45	2,15
3	Производительность станка, шт/ч	55	65
4	Срок службы, год	12	14
5	Эффективный годовой фонд времени работы станка, ч	4015	4015
6	Коэффициент загрузки станка	0,8	0,8

2.2. Определить абсолютные значения показателей качества изделий для оценки уровня качества с использованием интегрального метода.

2.3. По результатам проведенной оценки разработать рекомендации по повышению (обеспечению) уровня качества оцениваемой продукции.

### Вопросы для самоподготовки

1. Что такое интегральный показатель качества продукции?
2. Каким образом определяется интегральный показатель уровня качества продукции?
3. Особенности вычисления интегрального показателя качества продукции в зависимости от срока его службы.

# Практическое занятие № 11

## ОЦЕНКА УРОВНЯ КАЧЕСТВА РАЗНОРОДНОЙ ПРОДУКЦИИ

**Цель занятия:** ознакомиться со способами оценки уровня качества разнородной продукции, с использованием индекса качества и индекса дефектности.

### 1. Основные сведения

Выше мы рассмотрели методы оценки уровня качества продукции одного вида, т.е. однородной. Чаще всего предприятие выпускает продукцию многих видов – разнородную. Как же оценить в целом уровень качества всей выпускаемой предприятием продукции?

Для комплексной оценки уровня качества разнородной продукции применяют индексы качества продукции.

Индексом качества продукции называется комплексный показатель качества разнородной продукции, равный среднему взвешенному значению относительных показателей качества различных видов продукции за рассматриваемый период. Индексы качества используют при составлении планов повышения качества и проверке их выполнения, при сопоставлении качества продукции различных предприятий, при оценке стабильности производства и в других случаях.

Наиболее часто индекс качества вычисляют на основе главного показателя. Обычно это производительность или долговечность изделий.

Главный показатель качества может быть комплексным.

Для нескольких  $s$  видов продукции индекс качества вычисляется по формуле

$$I_K = \left( \sum_{i=1}^s N_i \cdot K_i \cdot \Pi_i \right) / \left( \sum_{i=1}^s N_i \cdot \Pi_i \right), \quad (11.1)$$

где  $K_i$  – относительный показатель качества  $i$ -го вида продукции;

$N_i$  – количество изделий  $i$ -го вида или объем  $i$ -й продукции в текущем периоде;

$\Pi_i$  – оптовая цена продукции  $i$ -го вида, руб.

Если сумма, на которую выпущена продукция  $i$ -го вида,  $C_i = N_i \cdot \Pi_i$ , а общая сумма, на которую выпущена продукция всех видов,  $C = \sum_{i=1}^s C_i$ , то

индекс качества

$$I_K = \left( \sum_{i=1}^s K_i \cdot C_i \right) / C. \quad (11.2)$$

При вычислении индексов качества, соответствующих базисному и отчётному периодам, берут фактические уровни качества для каждого периода, а цена для обоих периодов принимается одной и той же.

Индексы качества могут вычисляться для разных организационных уровней: для цеха, завода, отрасли. Для вышестоящей организации индекс качества

$$I_{\text{общ}} = \left( \sum_{j=1}^m C_j \cdot I_{kj} \right) / \sum_{j=1}^m C_j, \quad (11.3)$$

где  $C_j$  – сумма, на которую выпущена продукция  $j$ -м объектом;

$I_{kj}$  – индекс качества  $j$ -го объекта;  $m$  – число объектов.

**Пример 1.** Цех выпускает автомобильные шины двух типов. Нужно оценить уровень их качества в текущем интервале времени. Показатель качества – ходимость шин в тыс. км (табл. 11.1). За базовое значение принимается значение ходимости шин, выпущенных в прошлом году

Т а б л и ц а 11.1

Исходные данные

Тип шины	Ходимость, тыс.км.		Кол-во шин, шт.	Оптовая цена, ед.
	базовая	оцениваемая		
1	60	64	5	50
2	50	60	36	40

Вычисленное значение индекса качества по формуле (11.1) составляет 1,176. Таким образом, уровень качества шин увеличился на 17,6 %.

Когда оцениваемая продукция имеет сортность, в роли индекса качества можно применить **коэффициент сортности**, равный отношению фактической стоимости выпущенной продукции в оптовых ценах к её условной стоимости при допущении, что вся она выпущена высшим сортом:

$$K_C = \left( \sum_{i=1}^S \left( \sum_{k=1}^n \Pi_{ik} \cdot N_{ik} \right) \right) / \left( \sum_{i=1}^S \Pi_{il} \cdot \sum_{k=1}^n N_{ik} \right), \quad (11.4)$$

где  $s$  – количество видов продукции;  $n$  – количество сортов продукции;

$\Pi_{ik}$  – цена продукции  $i$ -го вида  $k$ -го сорта;

$N_{ik}$  – объём выпуска продукции  $i$ -го вида  $k$ -го сорта;

$\Pi_{il}$  – цена продукции  $i$ -го вида наивысшего сорта.

**Пример 2.** Предприятие выпускает продукцию видов А, Б, В. В каждый её вид входит продукция 1 и 2 сортов с соответствующей ценой (табл. 11.2):

Т а б л и ц а 11. 2

Сорт	Вид А			Вид Б			Вид В		
	<i>N</i>	Ц	Ц· <i>N</i>	<i>N</i>	Ц	Ц· <i>N</i>	<i>N</i>	Ц	Ц· <i>N</i>
1	100	6	600	50	5	250	60	4,5	270
2	50	5	250	20	4	80	30	3	90

Вычисленное значение коэффициента сортности по формуле (11.4) равно 0,93.

Коэффициент сортности можно вычислять для цеха, завода, фирмы, отрасли в целом. Если для  $m$  объектов (цехов, заводов, фирм и т.п.) известны коэффициенты сортности  $K_{Cj}$  и соответствующие суммы  $C_j$ , на которые выпущена продукция, то общий коэффициент сортности вычисляют по формуле

$$K_{C \text{ общ}} = \left( \sum_{j=1}^m C_j \cdot K_{Cj} \right) / \sum_{j=1}^m C_j. \quad (11.5)$$

Видами индексов качества являются *коэффициент* и *индекс дефектности* продукции. Они характеризуют качество продукции, находящейся в процессе изготовления, и используются при оценке качества труда в отдельных производственных подразделениях (цех, участок).

**Коэффициент дефектности** – среднее взвешенное количество дефектов, приходящееся на единицу продукции  $i$ -го вида:

$$D_i = \left( \sum_{j=1}^d m_j \cdot r_j \right) / n, \quad (11.6)$$

где  $d$  – число видов дефектов в данной продукции;

$m_j$  – коэффициент весомости дефектов  $j$ -го вида;

$r_j$  – число дефектов  $j$ -го вида;

$n$  – объем выборки продукции.

Коэффициенты весомости  $m_j$  можно определять экспертным методом или принимать пропорциональными стоимости устранения дефектов.

Относительный показатель дефектности продукции  $i$ -го вида

$$q_i = D_i / D_{i0}, \quad (11.7)$$

где  $D_{i0}$  – базовое значение коэффициента дефектности, принятое по результатам работы предприятия в прошлом периоде (году, месяце и т.д.).

Если вычислены значения  $q_i$  для всех  $s$  видов продукции, то **индекс дефектности** разнородной продукции:

$$I_D = \left( \sum_{i=1}^s C_i \cdot q_i \right) / \sum_{i=1}^s C_i, \quad (11.8)$$

где  $C_i$  – сумма, на которую выпущено продукции  $i$ -го вида за рассматриваемый период.

**Пример 3.** Для автомобильных шин определённого типа установлены 4 вида дефектов (А, Б, В и Г). Эти дефекты имеют весовые коэффициенты, указанные в табл. 11.3. При проверке выборки из 50 шин было обнаружено 7 дефектов.

Т а б л и ц а 11.3

Исходные данные

Дефект	Коэффициент весомости $m_j, \%$	Число дефектов в выборке $r_j$	$m_j \cdot r_j, \%$
А	50	0	0
Б	25	1	25
В	15	2	30
Г	10	4	40
Всего	100	7	95

Вычисляем коэффициент дефектности:  $D_i = 95 / 50 = 1,9 \%$ .

**Пример 4.** Для трёх видов продукции в табл. 11.4 приведены базовые и фактические значения показателя дефектности, объёмы выпуска продукции в условных единицах. Определить индекс дефектности для всей продукции:

Т а б л и ц а 11.4

Базовые и фактические значения показателя дефектности

$i$	$D_i$	$D_{i\phi}$	$C_i$	$q_i$	$C_i \cdot q_i$
1	0,8	1,0	2	0,8	1,6
2	6,5	5	3	1,3	3,9
3	1,8	2,0	1	0,9	0,9
Всего			6		6,4

Вычисляем индекс дефектности:

$$I_D = 6,4 / 6 = 1,07.$$

Уровень дефектности продукции повысился на 7 %.



## 2. Методика выполнения и оформления работы

2.1. Выбрать конкретное предприятие, выпускающее разнородную продукцию.

2.2. Определить фактические значения показателей, необходимых для проведения оценки уровня качества разнородной продукции.

2.3. Определить уровень качества и разработать рекомендации по повышению (обеспечению) уровня качества оцениваемой продукции.

### Вопросы для самоподготовки

1. Как называется показатель, используемый для комплексной оценки уровня качества разнородной продукции? Каково его содержание?

2. Как вычисляется индекс качества разнородной продукции?

3. Что такое коэффициент дефектности и индекс дефектности?

4. Каким образом вычисляется коэффициент сортности?

# Практическое занятие № 12

## МЕТОДЫ ПОЛУЧЕНИЯ И ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ИНФОРМАЦИИ В РАМКАХ УПРАВЛЕНИЯ КАЧЕСТВОМ ОБЪЕКТОВ

**Цель занятия:** ознакомиться с методами и принципами планирования и управления качеством продукции.

### 1. Основные сведения

#### 1.1. Планирование качества

**Планирование качества** сводится к планированию качественных характеристик, планированию надежности изделий на стадии их разработки. Кроме того, необходимо заниматься подготовкой контроля и применение контрольных средств. Вести аналитическую работу – обработку и анализ данных по качеству и затратам на его обеспечение. При этом должны разрабатываться методы управления качеством, как в собственном производстве, так и поставщиков.

Действенность планирования повышения качества должна обеспечиваться тем, что оно осуществляется на разных уровнях управления и этапах жизненного цикла изделий, включая проектирование, производство и эксплуатацию. Планы повышения качества должны обеспечиваться необходимыми материальными, финансовыми и трудовыми ресурсами, а планируемые показатели и мероприятия по повышению качества тщательно обосновываться расчетами экономической эффективности.

В перечень главных задач планирования повышения качества продукции входят:

1. Обеспечение выпуска продукции с максимальным соответствием ее свойств, существующим и перспективным потребностям рынка.

2. Достижение и превышение технического уровня и качества лучших отечественных и зарубежных образцов.

3. Установление экономически оптимальных заданий по повышению качества продукции с точки зрения их ресурсного обеспечения и запросов потребителей.

4. Совершенствование структуры выпускаемой продукции путем оптимизации ее типоразмерного ряда.

5. Увеличение выпуска сертифицированной продукции.

6. Улучшение отдельных потребительских свойств уже выпускаемой продукции (надежности, долговечности, экономичности и др.).

7. Своевременная замена, сокращение производства или снятие с производства морально устаревшей и неконкурентоспособной продукции.

8. Обеспечение строгого соблюдения требований стандартов, технических условий и другой нормативной документации, своевременное внедрение вновь разработанных и пересмотр устаревших стандартов.

9. Разработка и реализация конкретных мероприятий, обеспечивающих достижение заданного уровня качества.

10. Увеличение экономической эффективности производства и использование продукции улучшенного качества.

Предметами планирования качества продукции являются в конечном итоге различные мероприятия и показатели, отражающие как отдельные свойства продукции, так и разнообразные характеристики системы и процессов управления качеством. Эти показатели находят свое отражение в конкретных заданиях по улучшению качества продукции, в планах научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ, стандартизации и метрологического обеспечения, внедрения систем управления качеством, технического развития предприятия, подготовки кадров и т. д.

Планирование повышения качества продукции базируется на общих принципах планирования и применении методов планирования. К общим принципам планирования относят:

1. Сочетание централизованного руководства с самостоятельностью подразделений;

2. Пропорциональность, т.е. сбалансированный учет ресурсов и возможностей предприятия;

3. Комплексность (полнота) – взаимоувязка всех сторон деятельности предприятия;

4. Детализация – степень глубины планирования;

5. Точность – степень допусков и отклонений параметров плана;

6. Простота и ясность – соответствие уровню понимания разработчиков и пользователей плана;

7. Непрерывность – цельность временного пространства планирования;

8. Эластичность и гибкость – возможность использования резервов и учет альтернатив;

9. Научность – учет в планировании новейших достижений науки и техники, требований перспективных стандартов, потребностей рынка (как существующих, так и перспективных);

10. Экономичность – эффективность плановой деятельности с позиций соотношения (целевой результат)/затраты.

К методам планирования относят:

– расчетно-аналитический, основанный на расчленении выполняемых работ и группировке используемых ресурсов по элементам и взаимосвязям, анализе условий наиболее эффективного их взаимодействия и разработке на этой основе проектов планов;

– экспериментальный (опытный) – проектирование норм, нормативов и моделей подсистем управления предприятием на основе проведения и изучения замеров и опытов, а также учета опыта менеджеров, плановиков и других специалистов;

– отчетно-статистический – разработка проектов планов на основе отчетов, статистики и иной фактической информации, характеризующей реальное состояние и изменение характеристик подсистем управления.

В плановой деятельности по обеспечению необходимого уровня качества применяются и специфические виды работ:

- анализ требований потребителей;
- изучение спроса;
- анализ рекламаций;
- учет требований перспективных стандартов и результатов НИР;
- изучение патентной информации;
- учет изменений требований к сертификации продукции;
- осуществление плановых расчетов;
- увязка плановых мероприятий.

Планирование увязывает планы подразделений предприятия с его общей стратегией и оперативными задачами. Задачи планирования – это формирование системы планов и показателей оценки их выполнения.

Для обеспечения предусмотренного в планах улучшения качества собственной продукции предприятия должны требовать от своих поставщиков соответствующего улучшения качества поставляемых ими сырья, материалов, полуфабрикатов, комплектующих изделий, узлов, запчастей и других компонентов конечной продукции. Предъявление повышенных требований к качеству поставок должно сопровождаться оказанием разнообразной помощи предприятиям-поставщикам по улучшению качества их продукции. Формы подобной помощи, а также расходы на ее оказание должны быть предметом планирования повышения качества на предприятии.

Наиболее часто основу плана повышения качества продукции на предприятии составляют задания по достижению и превышению технического уровня и качества лучших отечественных и зарубежных образцов, увеличению выпуска сертифицированной продукции, улучшению отдельных показателей качества выпускаемой продукции, модернизации или снятию с производства неконкурентоспособной продукции, разработке и реализации конкретных мероприятий по достижению заданного уровня качества и др.

## 1.2. Управление качеством продукции

Управление качеством продукции – установление, обеспечение и поддержание необходимого уровня качества продукции при ее разработке, производстве и эксплуатации или потреблении, осуществляемое путем

систематического контроля качества и целенаправленного воздействия на условия и факторы, влияющие на качество продукции. Управление качеством продукции может обеспечиваться 2-мя методами: посредством разбраковки изделий и путем повышения технологической точности.

Особенности процесса управления качеством продукции вытекают из особенностей качества продукции как объекта управления.

Рассмотрим эти особенности.

1. Управление качеством продукции – одна из сторон управления производством. Однако процесс управления качеством продукции не ограничивается только процессом ее изготовления, а рассматривается гораздо шире. ГОСТ 15467 определяет управление качеством продукции как «действия, осуществляемые при создании и эксплуатации или потреблении продукции в целях установления, обеспечения и поддержания необходимого уровня ее качества».

Из этого определения следует первая особенность управления качеством продукции – действия по управлению качеством должны осуществляться на всех этапах жизненного цикла продукции: качество продукции закладывается на этапах научных исследований и проектирования, обеспечивается в процессе изготовления и поддерживается на этапе эксплуатации или потребления. При этом этапы исследования и проектирования имеют решающее значение, т.к. именно на этих этапах определяются главные свойства и параметры будущей продукции, а также характер производственных процессов её изготовления.

2. Вторая особенность заключается в том, что продолжительность всего цикла от начала формирования качества до его реализации может достигать нескольких лет. В связи с этим процесс управления качеством может быть значительно растянут во времени.

3. Третья особенность вытекает из того, что уровень отдельных показателей качества изделия при переходе от одного этапа жизненного цикла к другому имеет тенденцию к снижению (т.е. понижается при продвижении изделия по этапам жизненного цикла: исследование – разработка – изготовление – эксплуатация). Это объективное обстоятельство должно учитываться при формировании целей и критериев управления качеством на каждом этапе жизненного цикла изделия.

4. Следующая особенность обусловлена динамизмом качества продукции как объекта управления. Он проявляется в постоянном изменении уровня качества под воздействием различных факторов как в процессе производства, так и в эксплуатации. Эта особенность делает качество неустойчивым, что предполагает необходимость непрерывного учёта и анализа при принятии управляющих решений всех факторов, влияющих на качество.

5. По своей структуре качество продукции представляет иерархическую систему свойств, в которой свойства каждого предыдущего уровня определяются более простыми свойствами последующих уровней. Поэтому изменение определённого свойства может быть достигнуто путём воздействия на соответствующие свойства, расположенные на более низких уровнях иерархии.

Большое число свойств качества, сложность их взаимозависимостей, отсутствие гарантии полноты охвата, надёжных способов их расчёта повышают трудность управления процессом формирования качества продукции. Это пятая особенность управления качеством продукции.

6. Качество продукции является вероятностной системой свойств, в которой взаимодействие составляющих частей не может быть точно предопределено, т.к. изменение воздействия факторов, влияющих на отдельные свойства и в целом на качество, заранее предопределить трудно. Поэтому процесс управления качеством должен основываться на использовании методов теории вероятностей и математической статистики.

7. Ещё одна особенность заключается в необходимости дополнительных усилий и затрат на поддержание уровня качества технических изделий в сфере эксплуатации.

Эти особенности отражаются на характере процесса управления качеством продукции.

Качество продукции формируется на этапах её проектирования и изготовления и поддерживается на этапе эксплуатации. На каждом этапе на качество влияют определенные факторы и условия.

Управление качеством продукции – это постоянный, планомерный, целенаправленный процесс воздействия на факторы и условия, обеспечивающий создание продукции оптимального качества и его поддержание при использовании продукции.

Под фактором обеспечения качества продукции понимается конкретная сила, изменяющая свойства сырья, материалов, конструктивных элементов или изделия в целом. Сюда относятся: предметы и орудия труда, оборудование, оснастка, инструмент, технология, а также профессиональные знания и навыки разработчиков, рабочих, организаторов производства.

Под условиями обеспечения качества продукции понимаются производственные обстоятельства, обстановка, среда, в которых действуют факторы обеспечения качества продукции.

Рассмотрим основные факторы, определяющие качество продукции на разных этапах её жизненного цикла.

На этапе проектно-конструкторских разработок основными факторами, обеспечивающими качество изделий, являются:

– глубокая предпроектная проработка изделия с учетом отечественных и зарубежных патентов;

- технико-экономическое обоснование конструкции и эксплуатационных характеристик изделия;
- бездефектное проектирование;
- широкое применение типовых схем, максимальное использование унифицированных, стандартизованных деталей, узлов, агрегатов;
- включение в изделие встроенных систем контроля, в том числе автоматического;
- включение в конструкцию изделия дублирующих жизненно важных для него систем;
- проведение лабораторных испытаний в усложненных условиях;
- проверка и уточнение НТД по результатам отработки опытной партии и данных эксплуатации.

На этапе производства продукции факторы, влияющие на её качество, можно разделить на: технические, организационные, информационные, социальные, экономические.

К техническим факторам относятся:

- качество предметов труда: сырья, материалов, покупных комплектующих изделий, документации и пр. Обеспечение качества здесь может быть достигнуто за счет повышения эффективности входного контроля сырья, материалов, полуфабрикатов и комплектующих изделий;
- качество средств труда: оборудования, аппаратуры, технологического оснащения, инструмента, средств измерений, средств автоматизации труда и пр. Основными путями реализации этого фактора являются техническое перевооружение и реконструкция производства, комплексная механизация и автоматизация производственных процессов, использование высокоточного оборудования;
- качество технологических процессов. Усиление действия этого фактора может быть обеспечено путем разработки пооперационных технологий, типизации технологических процессов, внедрения прогрессивных технологий, активного контроля качества в процессе производства.

К организационным факторам относятся:

- организация производства: специализация, производственная структура, организация оперативно-производственного планирования. Повышение качества продукции за счет этого фактора может быть достигнуто путем внедрения эффективных форм внутриводской специализации: предметной, поддетальной; организации поточного производства (конвейерных и поточных линий); разработки цикловых и оперативных графиков производства, обеспечивающих ритмичную работу предприятия и т.п.;
- организация труда: рациональное разделение и кооперация труда, рациональная организация рабочих мест и их обслуживания, рациональный режим труда и отдыха, распространение передовых приемов и методов труда и пр.;

– организация управления: рациональная структура управления, рационализация документооборота; рациональная технология взаимодействия подразделений, автоматизация управления производством.

Информационными факторами являются:

- регистрация данных о качестве, их идентификация, хранение;
- автоматизация сбора и обработки информации о качестве;
- обеспечение оперативной информацией о качестве руководителей и специалистов, её использование и пр.

Особенно важным фактором является обеспечение оперативности информации о качестве изготавливаемой продукции. Оперативность информации является непременным условием своевременности принятия управленческих решений по обеспечению качества продукции. Требуемая оперативность информации обеспечивается созданием и функционированием автоматизированных систем управления качеством продукции на базе использования вычислительной техники.

Социальные факторы включают:

- профессиональную структуру кадров;
- повышение квалификации кадров;
- аттестацию кадров;
- мотивацию персонала;
- социально-бытовое обслуживание работников и пр.

К экономическим факторам относятся:

- финансирование работ по обеспечению и повышению качества продукции;
- материальная ответственность работников за изготовление недоброкачественной продукции;
- материальное стимулирование персонала за создание и выпуск продукции высокого качества;
- учет, анализ и регулирование затрат на обеспечение качества продукции и пр.

На этапе эксплуатации основными факторами, влияющими на поддержание качества и надежности технических устройств, являются:

- использование устройств по прямому назначению с соблюдением режимов, предусмотренных технической документацией;
- улучшение обслуживания и проведение регламентных работ в предусмотренные сроки;
- повышение качества текущего, планово-предупредительного и капитального ремонтов.

Решающее воздействие на качество продукции на всех трёх рассматриваемых этапах жизненного цикла технических устройств оказывают и такие факторы, как улучшение трудовой и технологической дисциплины, развитие личной инициативы и творческого отношения к труду каждого



работника; постоянный рост профессионального уровня работников; применение эффективной системы морального и материального поощрения.

Рассмотрим условия обеспечения качества продукции.

По отношению к месту обеспечения качества продукции условия делятся на *внутренние* и *внешние*.

К *внутренним* условиям относятся:

- характер производственного процесса, его интенсивность, ритмичность, продолжительность;
- уровень оснащённости и обслуживания рабочих мест;
- экологическое состояние производственных помещений;
- интерьер и производственный дизайн;
- состояние безопасности труда;
- состояние трудовой и технологической дисциплины;
- морально-психологический климат и взаимоотношения в коллективе, характер разрешения конфликтных ситуаций;
- характер материального и морального стимулирования за качество.

К *внешним* условиям относятся:

- научно-техническое развитие страны;
- экологическое состояние окружающей среды;
- действующий хозяйственный механизм;
- организация управления на предприятии;
- экономическое состояние предприятия;
- принципы ценообразования;
- законодательная и правовая среда;
- общее социально-материальное состояние работающих.

Условия обеспечения качества продукции в ряде случаев оказывают решающее воздействие на те силы, которые непосредственно изменяют свойства продукции. Они могут благоприятствовать полному проявлению возможностей факторов или в различной степени сдерживать их, тормозить проявление их возможностей (например, изменение приоритета премирования – за качественные или количественные показатели и др.).

Обеспечение наиболее гармоничного сочетания факторов и условий – одна из важнейших и сложных задач обеспечения качества, управления качеством продукции.

### 1.3. Организация контроля качества

Организация контроля качества – это система технических и административных мероприятий, направленных на обеспечение производства продукции, полностью соответствующей требованиям нормативных документов.

В систему контроля качества на крупных фирмах входят подразделения испытаний на надежность, контроль материалов и проверки макетов, опытных образцов продукции.

Раньше методы контроля сводились к анализу брака путем сплошной проверки изделий на выходе.

При массовом производстве такой контроль очень дорог: контрольный аппарат должен в 5-6 раз превышать количество производственных рабочих и даже при этом нет полной гарантии от брака. Поэтому от сплошного контроля переходят к выборочному с применением статистических методов обработки результатов. Однако такой контроль эффективен только тогда, когда технологические процессы, будучи в налаженном состоянии, обладают точностью и стабильностью, достаточной для «автоматической» гарантии изготовления бездефектной продукции.

Отсюда идет необходимость стабилизации производства. Самым надежным способом стабилизации производства является создание системы качества, а затем ее сертификация.

К функции контроля непосредственно примыкает метрологическое обеспечение производства, которое позволяет осуществлять разработку, поверку и правильную эксплуатацию средств измерений, электронных, компьютерных устройств и контроль их состояния.

Также организация работы в области качества предполагает подготовку программ, организация обучения и повышение квалификации кадров. Также необходимо обеспечивать мотивацию и стимулирование персонала для успешного решения задач качества.

Однако не каждое предприятие способно содержать полностью развитую службу качества. Малые и средние предприятия, как правило, прибегают к услугам специализированных консультационных фирм, ограничиваясь наличием инженера по качеству.

**Технический контроль** – это проверка соответствия объекта контроля.

Технический контроль качества лежит в основе любого способа управления качеством.

***Суть контроля*** заключается в получении информации о состоянии объекта контроля и сопоставлении полученных результатов с установленными требованиями, зафиксированными в чертежах, стандартах, ТУ, договорах на поставку и т.п. документах.

**Виды технического контроля классифицируются следующим образом:**

**В зависимости от объекта контроля:**

- контроля качества продукции;
- контроль товарной и сопроводительной документации;
- контроль технологического процесса;
- контроль средств технологического оснащения;

- контроль технологической дисциплины;
- контроль квалификации исполнителей;
- контроль прохождения рекламаций;
- контроль соблюдения условий эксплуатации.

**По полноте охвата контролем:**

- сплошной;
- выборочный;
- непрерывный;
- периодический;
- летучий.

**По этапу процесса производства:**

- входной;
- операционный;
- приемочный.

**В зависимости от уровня технической оснащённости:**

- ручной;
- механизированный;
- автоматизированные системы;
- автоматические системы;
- активный контроль.

**По структуре организации:**

- самоконтроль;
- одноступенчатый (контроль исполнителя + приемка ОТК);
- многоступенчатый (контроль исполнителя + операционный контроль + специальный + приемочный).

**По влиянию на возможность последующего использования продукции:**

- разрушающий;
- не разрушающий.

Контроль качества на предприятии осуществляют изготовители продукции, производственные мастера, работники ОТК, рабочие, переведенные на самоконтроль, представители заказчика на предприятии (если это оговорено в контроле на поставку).

Сложность проблемы качества требует комплексного подхода организации службы качества предприятия, в которой целесообразно объединить не только подразделение, осуществляющее контроль качества, но и подразделения по организации всей работы в области обеспечения и анализа качества, а также стимулирование качества.

Особое внимание следует уделять методам использования информации о качестве продукции. На определенных стадиях производственного процесса проводят оценку качества полуфабрикатов. Полученную при этом информацию можно использовать тремя способами, что во многом

определяет метод проведения и глубину контроля. Различают следующие виды контроля: браковочный, предупредительный, с обратной связью.

При браковочном контроле изделия делят на две группы: годные и негодные. Изделия, признанные годными, передаются на следующую операцию, негодные идут в брак. Эта информация не может быть использована исполнителями соседних производственных операций для повышения качества продукции, хотя может оказаться полезной для управления качеством в масштабах предприятия и отрасли. Браковочный контроль применяется для проверки качества продукции как поступающей на производственный участок, так и изготовленной на этом участке. Он может быть 100 %-м или выборочным. По традиции браковочный контроль считается необходимым методом контроля недостаточно эффективен.

При предупредительном контроле после операции проводится контроль и информация о качестве каждого изделия передается на последующую или на одну из следующих операций одновременно с перемещением полуфабрикатов, к которым она относится. При этом последующую операцию проводят так, чтобы исправить отклонения характеристик изделия в результате выполнения предыдущей операции. Возможны случаи, когда по результатам контроля продукцию приходится рассортировать на группы и для каждой группы назначать соответствующее изменение технологии.

Предупредительный контроль качества целесообразно применять, когда в производственном процессе могут возникать неуправляемые отклонения, приводящие к браку продукции, или когда трудно обеспечить полную однородность сырья. Предупредительный контроль требует четкой организации производства. Необходимо обеспечить поступление информации синхронно с передвижением продукции, иначе возможна порча продукции. Этот вид контроля не может быть эффективным при нестандартном сырье и плохо отлаженном производственном процессе.

Схема контроля с обратной связью, отличается тем, что оценка качества отдельного изделия сообщается лицу, изготавливающему это изделие. По этой информации исполнитель принимает меры для поддержания или повышения уровня качества изделий. Контроль с обратной связью является распространенным видом контроля качества при управлении производством. Чтобы контроль с обратной связью был эффективным, необходимо проверять такие параметры изделия, которые связаны с регулирующими воздействиями на производственный процесс. Поэтому при контроле с обратной связью изделие может проверяться иначе, чем при браковочном контроле. Кроме того, необходимы более точные измерения, чем при браковочном контроле.

Поскольку в любом производственном процессе существуют как систематические, так и случайные отклонения параметров изделий, контроль с

обратной связью часто реализуется как статистическое регулирование качества продукции. По схеме контроля качества с обратной связью строится также контроль за состоянием технических средств производства и за профессиональным мастерством персонала. При этом используется как повседневная информация, собранная путем анализа данных о результатах текущих проверок технических средств и контроля качества продукции, так и результаты специальных обследований.

Вид контроля необходимо подбирать с учетом конкретных условий производства. Всегда желателен браковочный контроль поступающих на производственный участок материалов или сырья. Предупредительный контроль или контроль с обратной связью применяют в период перемещения полуфабрикатов от операции к операции. Для готовой продукции (для данного участка) обычно применяют браковочный контроль.

## 2. Методика выполнения и оформления работы

1. Обосновать необходимость применения концепции управления качеством с позиций совершенствования деятельности предприятий и организаций.

2. На примере конкретного объекта разработать план мероприятий, направленных на планирование качества продукции.

3. На примере конкретного объекта исследования сформулировать основные цели, задачи и разработать рекомендации в рамках концепции управления качеством продукции.

4. На примере конкретного объекта (предприятия) провести анализ системы контроля качества продукции и видах технического контроля.

### Вопросы для самоподготовки

1. Сформулируйте главные задачи планирования повышения качества продукции.

2. Что является предметом планирования качества?

3. Сформулируйте основные принципы планирования повышения качества.

4. Какие методы планирования Вы знаете? Опишите их основные преимущества и недостатки.

5. С помощью каких методов обеспечивается управление качеством продукции?

6. Охарактеризуйте факторы и условия, обеспечивающие создание продукции оптимального качества.

7. Сформулируйте условия обеспечения качества продукции.

8. Что представляет собой система контроля качества предприятий?

9. В чем заключается суть технического контроля?

10. Как классифицируются виды технического контроля?

## Практическое занятие № 13

# ПРИМЕНЕНИЕ СТАТИСТИЧЕСКИХ МЕТОДОВ ПРИ АНАЛИЗЕ КАЧЕСТВА ПРОДУКЦИИ

**Цель занятия:** получить практические навыки систематизации выборочных данных, определения индекса воспроизводимости и определение точности технологического процесса получения продукции заданного качества.

### 1. Основные сведения

Изменчивость – свойство, присущее природе, и, следовательно, оно присуще также всей производимой продукции. Для того, чтобы можно было установить степень изменения того или иного продукта, изготовители и потребители продукта часто устанавливают некоторые нормы, при соблюдении которых качество продукта считается удовлетворительным. Эти нормы (стандарты) определяют обычно не только желаемые свойства продукта, но и верхний и нижний пределы их возможного изменения, при котором качество этого продукта все еще можно считать удовлетворительным. Такие верхние и нижние пределы называют допусками или установленными пределами.

По изображенному распределению на гистограмме можно выяснить, в удовлетворительном ли состоянии находятся партии изделий и технологический процесс.

Для этой цели, исходя из установленных допусков, рассматривают следующие вопросы: какова широта распределения по отношению к широте допуска, каков центр распределения по отношению к центру поля допуска, какова форма распределения. По форме распределения, которая легко вырисовывается, рассмотрим, какие меры можно принимать в различных случаях.

На рис. 13.1 приведены примеры различных сочетаний плотности распределения с допуском.

На рис. 13.1,а форма распределения удовлетворительна, так как ее левая и правая стороны симметричны. Если широту распределения сравнить с шириной допуска, то она составит примерно  $3/4$ . Кроме того, центр распределения и центр поля допуска совпадают. Это говорит о том, что качество партии находится в удовлетворительном состоянии. Следовательно, в данной ситуации можно продолжить изготовление продукции.

На рис. 13.1,б форма распределения отклонена вправо, поэтому центр распределения тоже смещен. Имеется опасение, что среди изделий – в остальной части партии – могут находиться дефектные, выходящие за верхний предел допуска. В этом случае проверяют, нет ли систематической ошибки в измерительных приборах. Если нет, то продолжают изготавливать продукцию, отрегулировав операцию так, чтобы центр распределения совпадал с центром поля допуска.

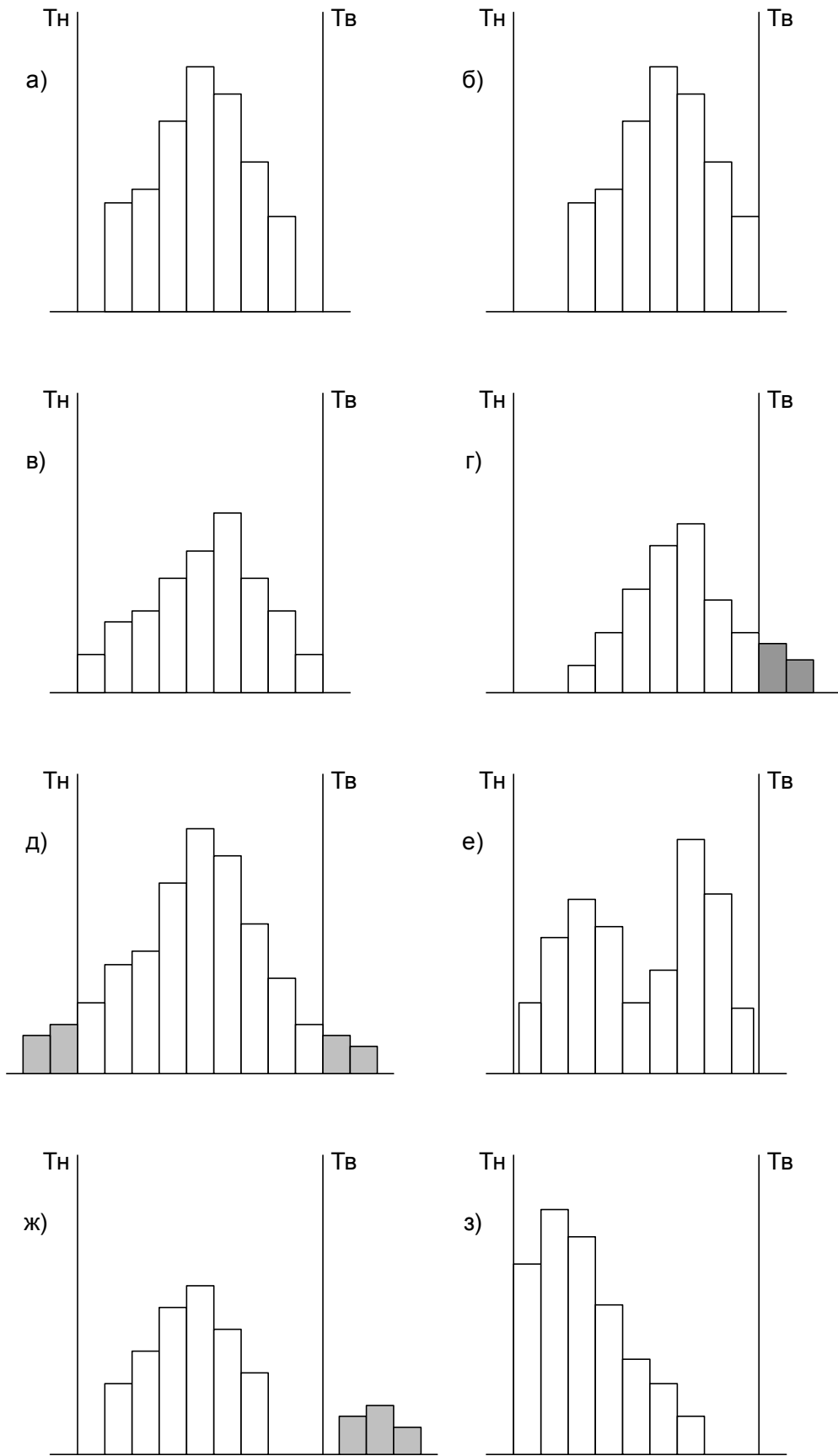


Рис.13.1. Сочетание плотности распределения с допуском:  
 $T_n$ ,  $T_b$  – нижний и верхний пределы допуска

На рис. 13.1,в центр распределения расположен правильно, однако, поскольку ширина распределения совпадает с шириной поля допуска, то имеется опасение, что со стороны верхнего и нижнего пределов допуска могут появиться дефектные изделия. Если продолжить выполнять операции таким же способом, то обязательно появятся дефектные изделия. Поэтому, чтобы сузить широту распределения, необходимо принять меры для обследования оборудования, условий обработки, оснастки и т.д.

На рис. 13.1,г центр распределения смещен, что говорит о присутствии дефектных изделий. Так как ширина распределения и ширина поля допуска почти одинаковы, необходимо без промедления путем регулирования переместить центр распределения в центр поля допуска и либо сузить широту распределения, либо пересмотреть допуск.

На рис. 13.1,д центр распределения совпадает с центром поля допуска, но ширина распределения превышает широту поля допуска, обнаруживаются дефектные изделия по обе стороны допуска. Необходимо провести управляющие воздействия для ликвидации дефектных изделий.

На рис. 13.1,е распределение имеет два пика, хотя образцы взяты из одной партии. Это явление объясняется либо тем, что сырье фактически было двух разных сортов, либо в процессе работы была изменена настройка станка, либо тем, что в одну партию соединили изделия, обработанные на двух разных станках. Исходя из этих и других соображений, следует производить обследование послойно.

На рис. 13.1,ж главные части распределения (ширина и центр) в норме, однако незначительная часть изделий выходит за верхний предел допуска и, отделяясь, образует обособленный островок.

Изделия, выделенные в этом островке, возможно, представляют собой часть дефектных изделий, которые могли перемешать с качественными изделиями в общем потоке технологического процесса. В данной ситуации следует принять меры для выяснения самых различных обстоятельств, достаточным образом объясняющих причину явления.

На рис. 13.1,з центр распределения смещен. Левая сторона распределения имеет вид высокого края (в форме обрыва). Такая гистограмма отражает случаи, когда, например, требуется исправление параметра, имеющего отклонение от нормы, или искажена информация о данных и т.д. При этом необходимо уделить внимание случаю грубого искажения данных при измерениях и принять меры к тому, чтобы такие случаи не повторялись.

Хотя гистограмма позволяет распознать состояние качества партии изделий по внешнему виду распределения, она не дает всей информации о величине ширины, симметрии между правой и левой сторонами распределения, наличии или отсутствии центра распределения в количественном выражении.



После того, как были установлены широта распределения, на основании сопоставления с допуском, исследуют, возможно ли по данному технологическому процессу производить вполне доброкачественные изделия, т.е. определяют точность технологических процессов.

Для оценки точности технологического процесса используют следующую формулу:

$$C_p = \frac{\text{ВГД} - \text{НГД}}{6s}, \quad (13.1)$$

где  $C_p$  – коэффициент запаса точности технологического процесса;

ВГД – верхний предел допуска;

НГД – нижний предел допуска;

$s$  – среднее квадратическое отклонение.

Точность технологического процесса оценивают, исходя из следующих критериев:

$C_p > 1,33$  – хороший;

$C_p = 1,33 - 1,00$  – требует внимательного наблюдения;

$C_p < 1,00$  – неудовлетворительное.

Однако значение индекса  $C_p$  измеряет разброс процесса относительно границ допуска, при этом положение среднего  $\bar{x}$  не учитывается. При этом можно получить любой процент бракованных деталей при высоком значении  $C_p$  при расположении среднего значения процесса  $\bar{x}$  достаточно близко к границе допуска.

Более показательным является применение показателя целевого значения  $k$  и откорректированного индекса  $C_{pk}$ . Показатель целевого значения  $k$  характеризует отклонение среднего значения процесса  $\bar{x}$  от середины ( $m$ ) между границами допуска

$$k = \frac{2(m - \bar{x})}{\text{ВГД} - \text{НГД}}. \quad (13.2)$$

Индекс  $C_p$ , скорректированный на  $k$  в формуле (13.2), равен:

$$C_{pk} = C_p(1 - k). \quad (13.3)$$

Необходимо сравнивать значения  $C_p$  и  $C_{pk}$ . Если  $C_{pk}$  слишком мало, то необходимо выяснить для  $C_p$ , не слишком ли велика изменчивость. Если  $C_p$  близко к  $C_{pk}$ , то это свидетельствует о хорошей настройке процесса. Индекс  $k$  показывает, насколько близко среднее подошло к границам допуска и насколько далеко оно от целевого значения.

На рис. 13.2-13.4 в качестве примера приведены гистограммы распределения показателей шероховатости поверхности покрытий.

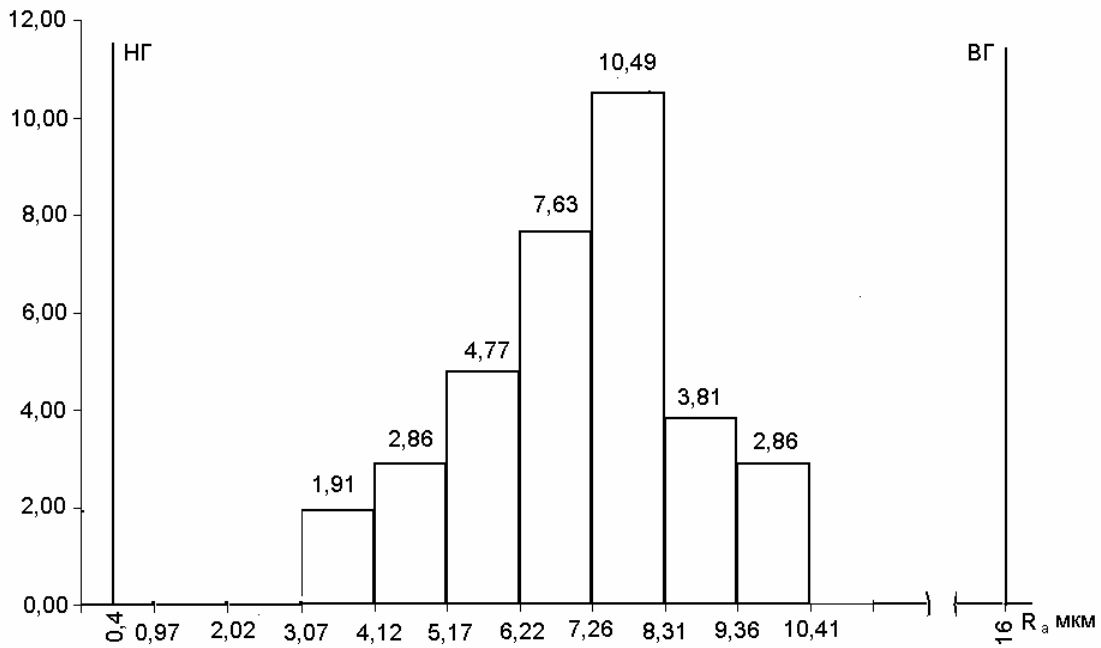


Рис. 13.2. Гистограммы частот распределения шероховатости поверхности покрытия на основе краски ПФ115, нанесенной пневмоспособом (вязкость краски  $0,001 \cdot 10^3$  Пас, пористость подложки 32 %)

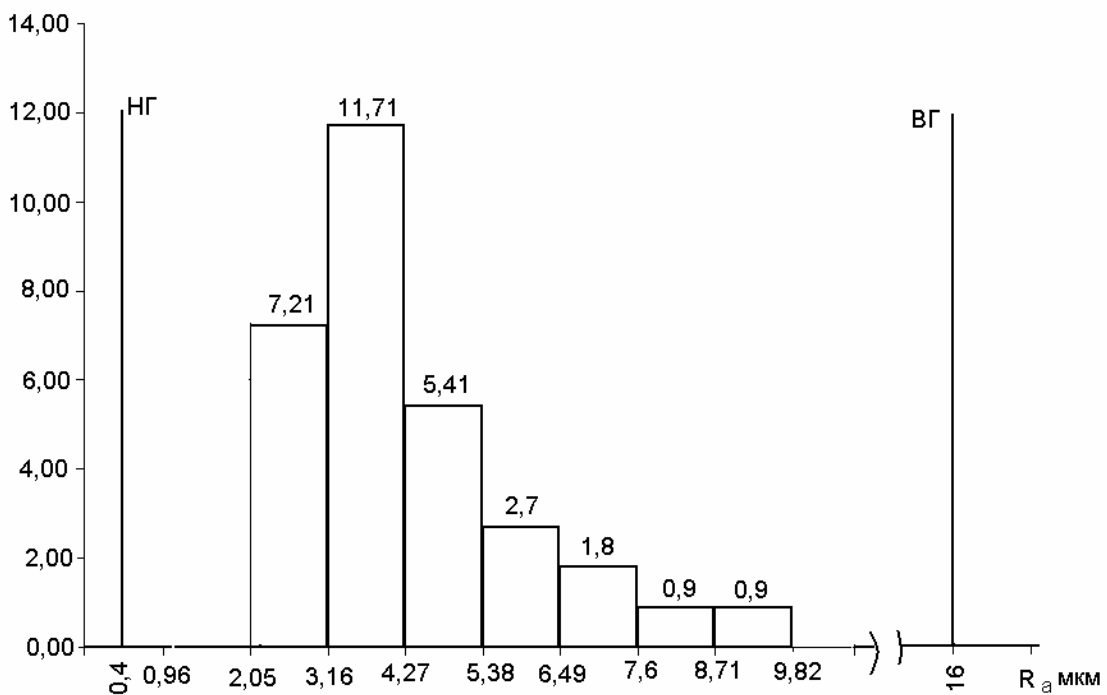


Рис. 13.3. Гистограммы частот распределения шероховатости поверхности покрытия на основе краски ПФ115, нанесенной наливом (вязкость краски  $0,001 \cdot 10^3$  Пас, пористость подложки 32 %)

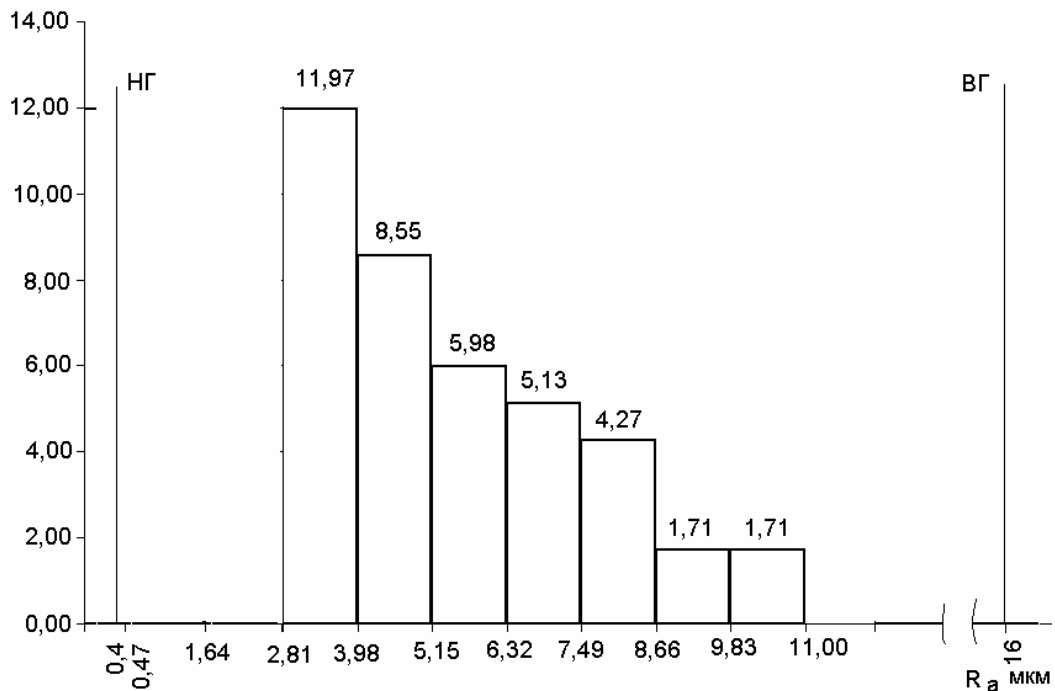


Рис.13.4. Гистограммы частот распределения шероховатости поверхности покрытия на основе краски ПФ115, нанесенной кистью (вязкость краски  $0,001 \cdot 10^3$  Пас, пористость подложки 32 %)

Анализ данных, приведенных на рис. 13.2–13.4, свидетельствует, что распределение шероховатости может быть описано нормальным законом распределения. Установлено, что представленная на рис.13.2 форма распределения удовлетворительна, центр распределения, равный  $\bar{x} = 6,97$  мкм, и центр поля допуска, равный  $x = 7,8$  мкм, практически совпадают, ширина распределения составляет приблизительно  $3/5$  от поля допуска. Следовательно, качество продукции, в данном случае качество внешнего вида покрытий, находится в удовлетворительном состоянии.

На рис.13.3 центр распределения смещен. Гистограмма смещена влево из-за своей несимметричности (среднее значение составляет  $\bar{x} = 4,31$ ), центр распределения не совпадает с центром поля допуска, составляющем  $x = 7,8$  мкм, ширина распределения составляет  $1/2$  от ширины поля допуска. Все это свидетельствует о получении дефектной поверхности.

На рис.13.4 центр распределения, равный  $\bar{x} = 4,34$  мкм, смещен к нижнему пределу допуска, составляющему  $0,4$  мкм, центр распределения не совпадает с центром поля допуска. Левая сторона распределения на границе с нижним допуском имеет вид отвесного берега. Это означает, что нарушен технологический процесс получения покрытий с заданными свойствами.

В табл.13.1 приведены значения индекса воспроизводимости  $C_p$ , рассчитанные с учетом допусков.

Анализ данных, приведенных в табл.13.1, свидетельствует, что значения индекса воспроизводимости во всех случаях значительно больше 1,33, что, казалось бы, указывает на высокую стабильность процесса получения покрытий.

Т а б л и ц а 13.1

Индекс воспроизводимости процесса окрашивания поверхности способом налива

Пористость подложки, %	Вид краски		
	МА15	ПФ115	Вододисперсионная фасадная
24	1,989	2,58	1,89
	2,74	4,182	2,075
28	2,125	2,65	2,35
	2,349	3,26	2,085
32	2,68	2,007	2,21
	2,007	1,925	1,87

Примечание. В числителе приведены среднее арифметическое значение  $C_p$  при вязкости краски ПФ115, МА15 и вододисперсионной соответственно  $0,001 \cdot 10^3 \text{ Па}\cdot\text{с}$ ,  $0,00261 \cdot 10^3 \text{ Па}\cdot\text{с}$  и  $0,0347 \cdot 10^3 \text{ Па}\cdot\text{с}$ , в знаменателе – при вязкости краски соответственно  $0,00026 \cdot 10^3 \text{ Па}\cdot\text{с}$ ,  $0,0014 \cdot 10^3 \text{ Па}\cdot\text{с}$  и  $0,013 \cdot 10^3 \text{ Па}\cdot\text{с}$ .

В табл.13.2 приведены числовые значения коэффициента  $k$  для процесса окрашивания краской ПФ-115 при различной вязкости краски, пористости цементной подложки. Как видно, минимальное значение коэффициента  $k$  характерно для случая нанесения краски пневмоспособом на подложку с пористостью  $P=28\%$  при вязкости краски ПФ115  $\eta=0,001 \cdot 10^3 \text{ Па}\cdot\text{с}$ .

Т а б л и ц а 13.2

Значение коэффициента  $k$  (краска ПФ-115)

Пористость подложки, %	Способ нанесения		
	Кистью	Наливом	Пневмонанесение
24	0,598	0,619	0,183
	0,698	0,716	0,355
28	0,77	0,616	0,0192
	0,71	0,696	0,359
32	0,44	0,447	0,106
	0,629	0,25	0,228

Примечание. В числителе приведены среднее арифметическое значение шероховатости при вязкости краски  $0,001 \cdot 10^3 \text{ Па}\cdot\text{с}$ , в знаменателе – при вязкости краски  $0,00026 \cdot 10^3 \text{ Па}\cdot\text{с}$ .

Значения индекса  $C_{pk}$  для процесса получения покрытий  
на основе краски ПФ-115

Пористость подложки, %	Значение $C_{pk}$
24	0,983/1,187
28	1,0176/0,99
32	1,109/1,44

П р и м е ч а н и е . В числителе приведены среднее арифметическое значение шероховатости при вязкости краски  $0,001 \cdot 10^3$  Па·с, в знаменателе – при вязкости краски  $0,00026 \cdot 10^3$  Па·с.

В табл.13.3 приведены числовые значения скорректированного индекса  $C_{pk}$  для процесса получения покрытий на основе краски ПФ-115 с заданным качеством внешнего вида

Таким образом, более настроен процесс получения покрытий с заданным качеством внешнего вида на подложке с пористостью 32 % и вязкостью краски  $0,00026 \cdot 10^3$  Па·с.

## 2. Методика выполнения и оформления работы

2.1. Для выбранного объекта провести серию испытаний контролируемого показателя или получить у преподавателя выборочные данные.

2.2. Определить величину интервала.

2.3. Сформировать таблицу распределения результатов.

2.4. Построить гистограмму частот.

2.5. Определить основные статистические характеристики распределения.

2.6. По изображенному распределению на гистограмме выяснить, в удовлетворительном ли состоянии находятся партии изделий и технологический процесс.

2.7. Определить индекс воспроизводимости.

## Вопросы для самоподготовки

1. Каково назначение гистограммы и как интерпретировать ее форму?
2. Приведите последовательность операций при построении гистограммы распределения.
3. Перечислите основные статистические характеристики распределения.
4. С какой целью используется индекс воспроизводимости?

## Практическое занятие № 14 ПРИЧИННО-СЛЕДСТВЕННАЯ ДИАГРАММА

**Цель занятия:** ознакомиться, изучить и получить практические навыки построения причинно-следственной диаграммы.

### 1. Общие сведения

Диаграмма Исикавы или причинно-следственная диаграмма (иногда ее называют диаграмма «рыбья кость») – применяется для графического отображения взаимосвязи между решаемой проблемой и причинами, влияющими на ее возникновение. Данный инструмент используют совместно с методом мозгового штурма, т.к. он позволяет быстро отсортировать по ключевым категориям причины проблем, найденных с помощью мозгового штурма.

Диаграмма Исикавы дает возможность выявить ключевые параметры процессов, влияющие на характеристики изделий, установить причины проблем процесса или факторы, влияющие на возникновение дефекта в изделии. С помощью диаграммы Исикавы можно понять, каких данных, сведений или знаний о проблеме недостает для ее решения и тем самым сократить область принятия необоснованных решений. Когда строится диаграмма Исикавы, причины проблем распределяют по ключевым категориям. В качестве таких категорий выступают – человек, методы работы (действий), механизмы, материал, контроль и окружающая среда. Количество категорий при построении диаграммы можно уменьшать в зависимости от рассматриваемой проблемы.

Преимущества:

- позволяет графически отобразить взаимосвязь исследуемой проблемы и причин, влияющих на эту проблему;
- дает возможность провести содержательный анализ цепочки взаимосвязанных причин, воздействующих на проблему;
- удобна и проста для применения и понимания персоналом. Для работы с диаграммой Исикавы не требуется высокая квалификация сотрудников, и нет необходимости проводить длительное обучение.

Недостатки:

- сложность правильного определения взаимосвязи исследуемой проблемы и причин в случае, если исследуемая проблема является комплексной, т.е. является составной частью более сложной проблемы;
- ограниченное пространство для построения и прорисовывания на бумаге всей цепочки причин рассматриваемой проблемы.

Существуют три основных типа диаграмм причина-результат: анализ разветвленности (детализации) процесса, классификация производственного процесса и перечисление причин.

На рис. 14.1 показан основной вид диаграммы. Имеет место иерархия взаимоотношений результатов (следствий) с главными причинами и их последующую связь с подпричинами. Например, главная причина А непосредственно связана с результатом. Каждая из подпричин упорядочена по уровню своего влияния на главную причину.

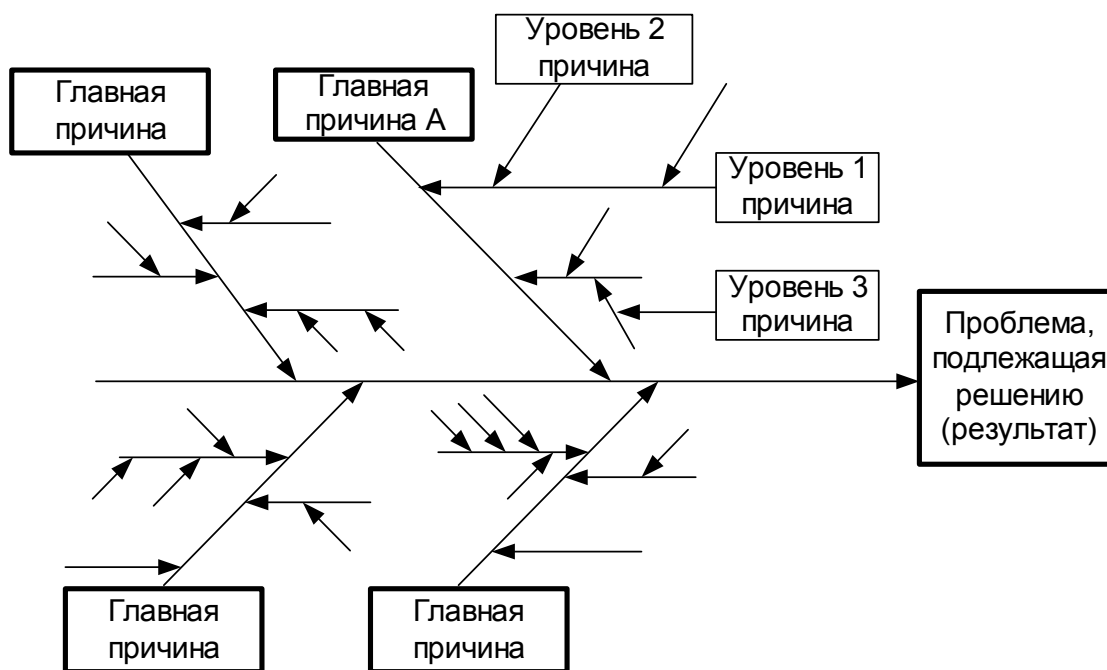


Рис. 14.1. Основной вид причинно-следственной диаграммы

Несмотря на то, что диаграмму причина-результат можно разработать в индивидуальном порядке, лучше, когда она используется командой. Одно из наиболее ценных свойств этого инструмента – он превосходно содействует проведению мозгового штурма.

*Пример.*

Диаграмма Исикавы, учитывающая основные факторы, влияющие на качество антикоррозионного полителенового покрытия, представлена на рис. 14.2.

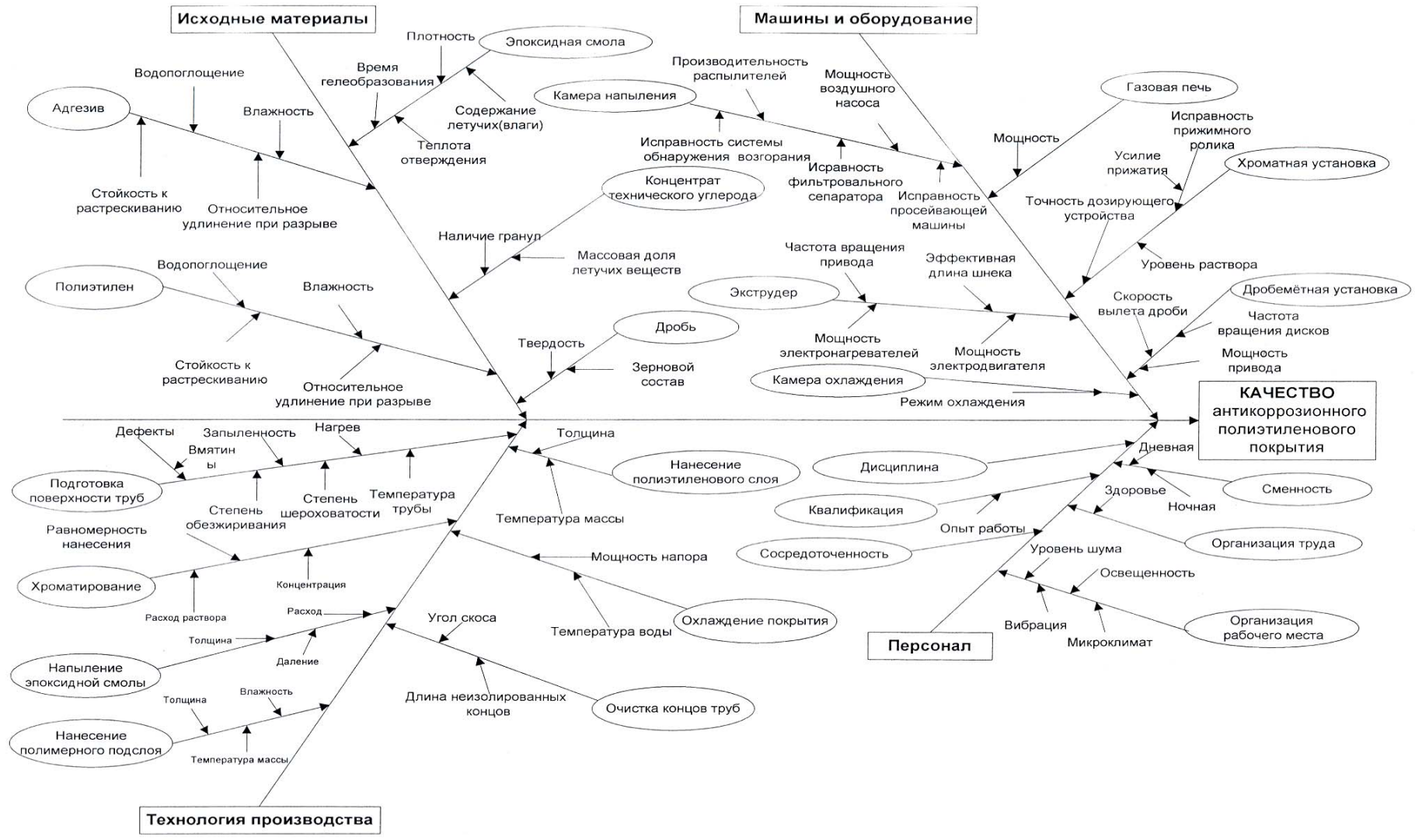


Рис.14.2. Причинно-следственная диаграмма



## 2. Методика самостоятельного выполнения и оформления работы

2.1. Определяется потенциальная или существующая проблема, требующая разрешения. Формулировка проблемы размещается в прямоугольнике с правой стороны листа бумаги. От прямоугольника влево проводится горизонтальная линия.

2.2. По краям листа с левой стороны обозначаются ключевые категории причин, влияющих на исследуемую проблему. Количество категорий может изменяться в зависимости от рассматриваемой проблемы. Как правило, используются пять или шесть категорий из приведенного выше списка (исходные материалы, механизмы и оборудование, технология производства, персонал и окружающая среда).

2.3. От названий каждой из категорий причин к центральной линии проводятся наклонные линии. Они будут являться основными «ветвями» диаграммы Исикавы.

2.4. Причины проблемы, выявленные в ходе «мозгового штурма», распределяются по установленным категориям и указываются на диаграмме в виде «ветвей», примыкающих к основным «ветвям».

2.5. Каждая из причин детализируется на составляющие. Для этого по каждой из них задается вопрос – «Почему это произошло»? Результаты фиксируются в виде «ветвей» следующего, более низкого порядка. Процесс детализации причин продолжается до тех пор, пока не будет найдена «корневая» причина. Для детализации может применяться и метод мозгового штурма.

2.6. Выявляются наиболее значимые и важные причины, влияющие на исследуемую проблему. С этой целью может использоваться диаграмма Парето. По значимым причинам проводится дальнейшая работа, и определяются корректирующие или предупреждающие мероприятия.

### Вопросы для самоподготовки

1. Что такое причинно-следственная диаграмма? Суть метода.
2. Преимущества и недостатки метода.
3. Методика выполнения работы.

## Практическое занятие № 15 ДРЕВОВИДНАЯ ДИАГРАММА

**Цель занятия:** овладеть навыком построения древовидной диаграммы для выявления каких-либо несоответствий.

### 1. Основные сведения

Древовидная диаграмма – инструмент качества, служащий для упорядочения причин возникновения рассматриваемой проблемы путем детализации на разных уровнях. Графически изображается в виде дерева, в основании которого расположена решаемая проблема, а от неё ответвляются причины возникновения.

Порядок построения древовидной диаграммы выглядит следующим образом:

1. Формулируется решаемая проблема. При этом не допускается двусмысленность толкования, неясность и неточность.

2. Выявляются причины её возникновения. Для этого может применяться метод мозгового штурма. Причины также могут быть взяты из диаграммы сродства или диаграммы связей. Первоначально все они располагаются на одном уровне, связь между проблемой и причинами отображается линиями.

3. Каждую причину первого уровня разбивают на более простые составляющие, которые, в свою очередь, будут являться вторым уровнем причин. Этап повторяется, пока все причины более высокого уровня не будут разветвлены как минимум на две составляющие.

4. Проверяют обоснованность расположения причин на уровнях детализации. Если всё расположено правильно, то построение на этом заканчивается.

**Пример.** Древовидная диаграмма построена на основе результатов, полученных из диаграммы сродства. Рассматривается проблема возникновения брака при производстве хлеба белого из пшеничной муки (рис. 15.1).

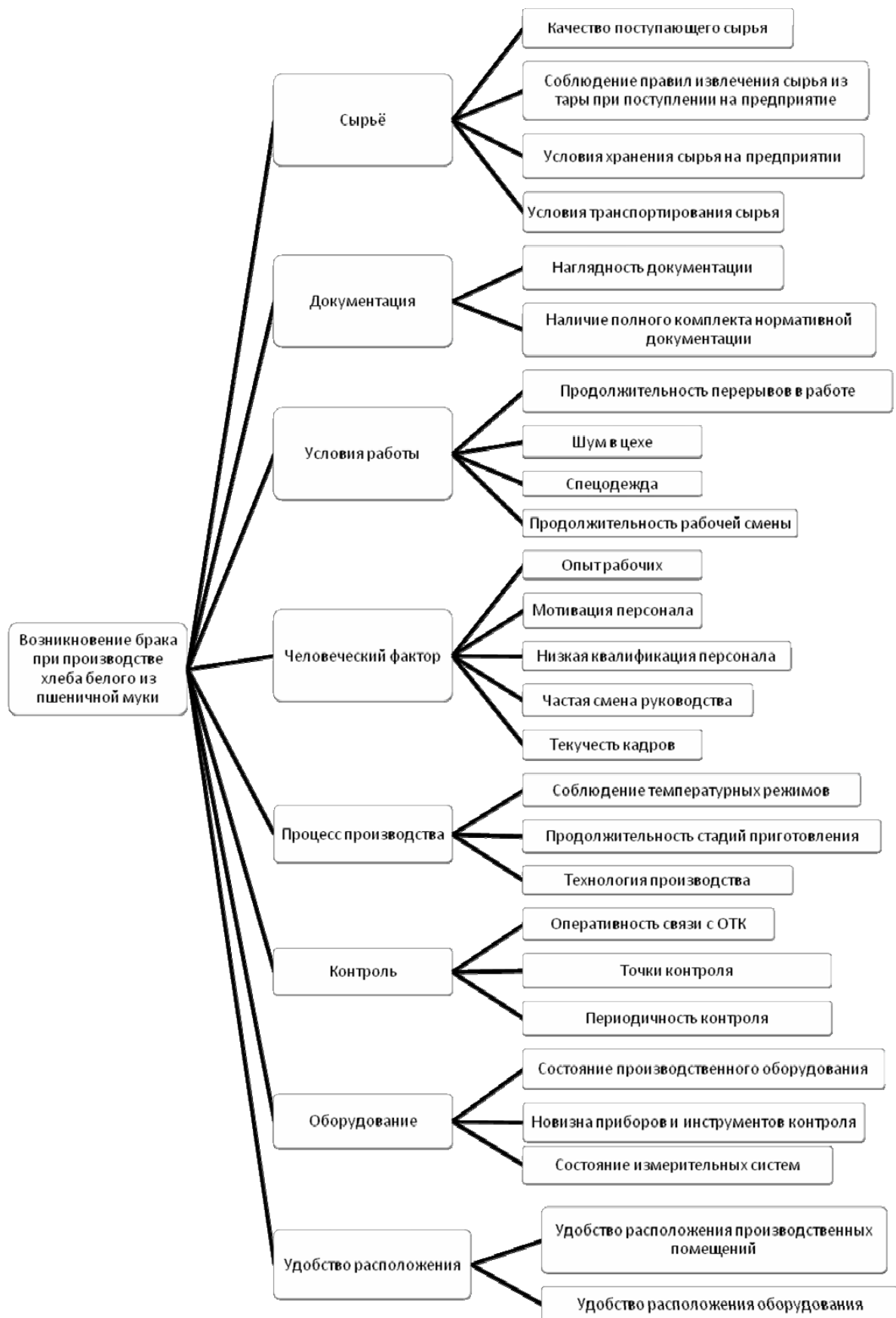


Рис. 15.1. Древоидная диаграмма для выявления причин возникновения брака при производстве хлеба белого из пшеничной муки

## 2. Методика самостоятельного выполнения и оформления работы

2.1. Необходимо определить проблему, которая будет решаться с помощью построения древовидной диаграммы. Формулировка должна быть достаточно полной, чтобы не возникало неясности в толковании.

2.2. Выявляются все причины, которые ведут к возникновению данной проблемы. Они наносятся на первый уровень диаграммы.

2.3. Причины разбивают на более простые, происходит распределение их по уровням.

2.4. Проводят проверку правильности расположения причин на уровнях.

### Вопросы для самоподготовки

1. Что такое древовидная диаграмма?
2. Каковы преимущества и недостатки данного инструмента качества?
3. Перечислите этапы построения древовидной диаграммы.

## Практическое занятие № 16

### БЕНЧМАРКИНГ

**Цель занятия:** получение навыков использования метода систематического сопоставления деятельности предприятия с работой компаний-конкурентов (бенчмаркинг).

#### 1. Основные сведения

Бенчмаркинг – это метод объективного систематического сопоставления собственной деятельности с работой лучших компаний (подразделений своей компании), уяснение причин эффективности бизнеса партнеров, организация соответствующих действий для улучшения собственных показателей и их реализация. Применяется для создания конкурентного преимущества при решении проблем, связанных с качеством, затратами и поставкой. Целью метода является изучение состояния дел с качеством и эффективностью бизнеса партнеров и использование их передовых приемов и практических методов в конкурентной борьбе для достижения коммерческих успехов своей компании. Критериями конкурентного сравнения являются: цена, качество, забота о клиентах и сервис, обратная связь с потребителем, доставка, разнообразие продукции, новые продукты и услуги.

Бенчмаркинг – это непрерывный процесс, а не разовое мероприятие. Так как требования потребителей постоянно меняются, меняются и характеристики работы компаний-конкурентов. Соответственно эталоны, в сравнении с которыми проводится бенчмаркинг, также меняются, и только непрерывный бенчмаркинг способен помочь компании быстрее узнавать о всех новациях и выгодно применять их на практике.

Существует несколько видов бенчмаркинга:

Внутренний бенчмаркинг – осуществляет сравнение процессов (продуктов, услуг) внутри организации. В качестве объектов выбираются близкие или похожие процессы (продукты, услуги).

Конкурентный бенчмаркинг – сравнение проводится с прямыми конкурентами (по предоставляемым продуктам или услугам), работающими на местном, региональном или международном рынке.

Функциональный бенчмаркинг – сравниваются процессы собственной организации с похожими процессами другой организации, но работающей в другой сфере деятельности. При таком виде бенчмаркинга можно получить объективные и важные данные с меньшими усилиями, применяя этичные и легальные методы получения информации.

Обобщенный бенчмаркинг – для этого вида бенчмаркинга отбираются организации, которые обладают лучшими в своем сегменте процессами и

подходами. Такие организации могут открыто публиковать информацию о деятельности (примерами могут служить публикации по производственной системе Toyota, или по системе 6–сигм компании Motorola). Из этих процессов и подходов выбираются для изучения и сравнения наиболее подходящие. После чего они адаптируются для условий своей собственной организации.

Методика проведения бенчмаркинга включает следующие основные этапы:

#### 1. Определение объекта бенчмаркинга

На этом этапе предполагается провести диагностику предприятия, определить ключевые показатели работы. Полученная информация будет являться базой для сравнения с конкурентами или эталоном и позволит выявить сильные и слабые стороны предприятия. Для оценки состояния предприятия можно воспользоваться методом SWOT-анализа.

#### 2. Выбор партнера по бенчмаркингу

Проводится поиск предприятий, которые являются эталонными и определение критериев, по которым будет производиться оценка и анализ.

#### 3. Поиск информации

Необходимо собрать информацию о своем предприятии и партнерах по бенчмаркингу. Полученная информация, должна быть всесторонне проверена.

#### 4. Анализ

Последующий анализ позволяет оценить различия в эффективности, выявить причины своего отставания, опыт, который можно использовать у себя.

#### 5. Внедрение

Разработка плана внедрения, процедур контроля.

#### **Пример 1.**

Рассмотрим план бенчмаркинга на примере ОАО «Пензенский хлебо-завод №4».

Для выявления сильных и слабых сторон предприятия воспользуемся SWOT-анализом (табл. 16.1). Данный анализ позволил выявить слабые области деятельности предприятия и определить объекты бенчмаркинга:

- ценовая стратегия предприятия;
- внедрение современных технологий и оборудования;
- повышение квалификация кадров;
- наличие системы менеджмента качества.

В качестве эталона-конкурента были выбраны предприятия региона, которые превосходят ОАО «Пензенский хлебозавод №4» по выбранным критериям: ЗАО «Вектор», ОАО «Пензенский хлебозавод №2».

Собранную информацию об эталонных предприятиях представим в табл. 16.2. Анализируя данные о конкурентах и данные табл. 16.1, можно

оценить возможности применения опыта передовых предприятий на ОАО «Пензенский хлебозавод №4». Результат анализа представлен в табл. 16.2.

Т а б л и ц а 16.1

SWOT-анализ ОАО «Пензенский хлебозавод №4»

Внутренняя среда	Сильные стороны	Слабые стороны
	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Имидж предприятия в общественной жизни (участие в конкурсах, выставках)</li> <li>– Наличие финансовых ресурсов</li> <li>– Наличие постоянных клиентов – покупателей</li> <li>– Широкий ассортимент</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Отсутствие единой ценовой стратегии</li> <li>– Устаревшее оборудование на некоторых этапах производства</li> <li>– Использование устаревших технологий производства хлеба</li> <li>– Нехватка квалифицированного персонала</li> <li>– Отсутствие элементов СМК</li> </ul>
Внешняя среда	Возможности	Угрозы
	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Освоение новых технологий, оборудования</li> <li>– Разработка новых видов продукции</li> <li>– Постоянные поставщики, возможность получения скидок при закупке сырья</li> <li>– Инвестиционная поддержка</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Текучесть квалифицированных кадров</li> <li>– Рост цен на энергоресурсы, транспортные услуги, сырье и материалы</li> <li>– Усиление конкуренции на рынке</li> <li>– Изменение курса рубля</li> </ul>

Т а б л и ц а 16.2

Данные об эталонных предприятиях

Критерии оценки	ЗАО «Вектор»	ОАО «Пензенский хлебозавод №2»	Возможность применения опыта на ОАО «Пензенский хлебозавод №4»
Ценовая политика предприятия	Стратегия престижных цен (высокая цена на товар, обладающий особым уровнем качества)	Стратегия оптовых цен (снижение цены в качестве поощрения розового приобретения крупной партии товара)	Возможно рассмотрение и применение стратегии оптовых цен, а также разработка гибкой системы скидок
Внедрение современных технологий и оборудования	Внедрение новейшей линии производства хлеба фирмы «Gostol»	Используются современные технологии, но на нескольких участках оборудование необходимо заменить	Ввиду наличия инвестиционной поддержки возможно внедрение новейших линий производства хлеба
Повышение квалификации кадров	Редко	Постоянное повышение	Возможно регулярное обучение персонала и повышение квалификации
Наличие системы менеджмента качества	Отсутствует	Внедрена СМК по стандартам ИСО 9001-2011	Ввиду нехватки квалифицированных кадров внедрение СМК по стандартам ИСО 9001-2011 в ближайшем будущем невозможно

## Пример 2

Рассмотрим пример SWOT-анализа для ОАО «Атмис – сахар» (табл. 16.3, 16.4).

Т а б л и ц а 16.3

### Матрица SWOT-анализа

Сильные стороны	Возможности
<ul style="list-style-type: none"><li>– Репутация на рынке (товар конкурентоспособен и пользуется массовым спросом конечных потребителей благодаря качеству)</li><li>– Высокая степень соблюдения договорных обязательств, как в отношении поставщиков, так и в отношении потребителей</li><li>– Присутствие продукции на внутреннем, так и на внешнем рынке</li><li>– Высокая и стабильная оплата труда</li><li>– Развитая сбытовая система</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>– Увеличение рынка сбыта</li><li>– Обучение персонала (технические навыки, технология продаж, маркетинговые исследования)</li><li>– Покупка нового оборудования</li><li>– Расширение номенклатуры выпускаемой продукции</li></ul>
Слабые стороны	Угрозы
<ul style="list-style-type: none"><li>– Низкая заинтересованность рядовых сотрудников в развитии предприятия</li><li>– Устаревшее оборудование</li><li>– Слабый маркетинг</li><li>– Небольшая номенклатура выпускаемой продукции</li><li>– Стандартные методы продвижения продукции на разных рынках</li><li>– Не проводятся маркетинговые исследования по изучению новых каналов сбыта</li><li>– Недоступность финансов, необходимых для изменения стратегии</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>– Рост налогов</li><li>– Климатические условия (влияют на урожайность свеклы)</li><li>– Появление иностранных конкурентов с товарами низкой стоимости</li><li>– Усиление требований потребителей (кондитерские фабрики др.)</li></ul>



Таблица 16.4

## Формулирование проблемного поля в рамках SWOT – матрицы

		Сильные стороны					Слабые стороны						
		Репутация на рынке	Высокая степень соблюдения договорных обязательств, как в отношении поставщиков, так и в отношении потребителей	Присутствие продукции как на внутреннем, так и на внешнем рынке (г. Пенза, г. Саранск, г. Киров, г. Москва, г. Каменка)	Развитая сбытовая система	Высокая и стабильная оплата труда	Низкая заинтересованность рядовых сотрудников в развитии предприятия	Устаревшее оборудование	Слабый маркетинг	Стандартные методы продвижения продукции на разных рынках	Не проводятся маркетинговые исследования по изучению новых каналов сбыта	Недоступность финансов, необходимых для изменения стратегии	Небольшая номенклатура выпускаемой продукции
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
	Рост налогов												
угрозы	Климатические условия (влияют на урожайность свеклы)		Усиление договорных обязательств с иностранными поставщиками (сырца)										
	Появление иностранных конкурентов с товарами низкой стоимости		Принятие правильных решений в области менеджмента предприятия					Усиление контроля					

## Окончание табл. 16.4

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
	Усиление требований потребителей (кондитерские фабрики др.)			Разработка стандартов организации							Проведение маркетинговых исследований по изучению каналов сбыта		
ВОЗМОЖНОСТИ	Увеличение рынка сбыта								Повышение квалификации персонала в области маркетинга				
	Обучение персонала (технические навыки, технология продаж, маркетинг)						Участие в конкурсах						
	Покупка нового оборудования												Увеличение номенклатуры продукции
	Расширение номенклатуры выпускаемой продукции			Укрепление позиций предприятия						Увеличение объемов производства			

## 2. Методика самостоятельного выполнения и оформления работы

2.1. Выявить сильные и слабые стороны предприятия (SWOT-анализ). Определить объекты бенчмаркинга.

2.2. Выбрать в качестве эталонов конкурентов, которые значительно превосходят ваше предприятие по выбранным критериям.

2.3. Собрать информацию о конкурентах и представить ее в виде таблицы. Проведя анализ полученных данных и информацию о возможностях вашего предприятия, оценить возможности применения опыта конкурентов.

### Вопросы для самоподготовки

1. Что такое бенчмаркинг?
2. Какие виды бенчмаркинга существуют?
3. Какие основные этапы включает методика проведения бенчмаркинга?
4. Расскажите о назначении и областях применения бенчмаркинга.
5. Каковы цели и задачи применения бенчмаркинга?
6. Расскажите о внутреннем и конкурентном бенчмаркингах.
7. Поясните содержание процессного бенчмаркинга.
8. Поясните назначение стратегического бенчмаркинга.
9. Перечислите основные этапы бенчмаркинга.
10. Расскажите о содержании этапа определения предмета бенчмаркинга.
11. Поясните сущность этапа идентификации партнеров по бенчмаркингу.
12. Каким образом осуществляют сбор данных об осуществлении процессов партнерами по бенчмаркингу?
13. Как определяют разрыв между лучшими достижениями конкурентов и собственными результатами?
14. Поясните сущность этапов, направленных на формулирование конструктивных функциональных целей и на разработку плана действий.
15. Сформулируйте Ваши предложения о порядке выполнения запланированных действий в рамках бенчмаркинга.
16. Какие результаты могут быть получены от практического применения бенчмаркинга?

# Практическое занятие № 17

## ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА ТАГУТИ

### ПРИ АНАЛИЗЕ КАЧЕСТВА ПРОДУКЦИИ И УСЛУГ

**Цель занятия:** ознакомление с методами управления качеством продукции с учетом ее стоимости.

#### 1. Основные сведения

Японский специалист по статистике Тагути разработал идеи математической статистики применительно к задачам планирования эксперимента и контроля качества. Он предложил измерять качество теми потерями, которые вынуждено нести общество после того, как некоторый товар произведен и отправлен потребителю.

Классическое понимание качества предполагает наличие номинального (идеального) значения и поля допуска (принимаемые отклонения от идеала). При переходе через границы допуска, изделие признается бракованным. При этом получается, что изделия с незначительными колебаниями признаются либо качественными, либо бракованными (рис. 17.1). Тагути доказал, что стоимость отклонения от целевого значения (номинала) возрастает по квадратичному закону по мере удаления от цели и предусматривает наличие потерь за пределами допуска (рис. 17.2).

Тагути предложил *характеризовать производимые изделия устойчивостью технических характеристик и объединил стоимостные и качественные показатели в так называемую функцию потерь, которая одновременно учитывает потери, как со стороны потребителя, так и со стороны производителя.*

Функция потерь имеет следующий вид:

$$L = k(y - m)^2, \quad (17.1)$$

где  $L$  – потери для общества (величина, учитывающая потери потребителя и производителя от бракованной продукции);

$k$  – постоянная потеря, определяемая с учетом расходов производителя изделий;

$y$  – значение измеряемой функциональной характеристики;

$m$  – номинальное значение соответствующей функциональной характеристики;

$(y-m)$  – отклонение от номинала.

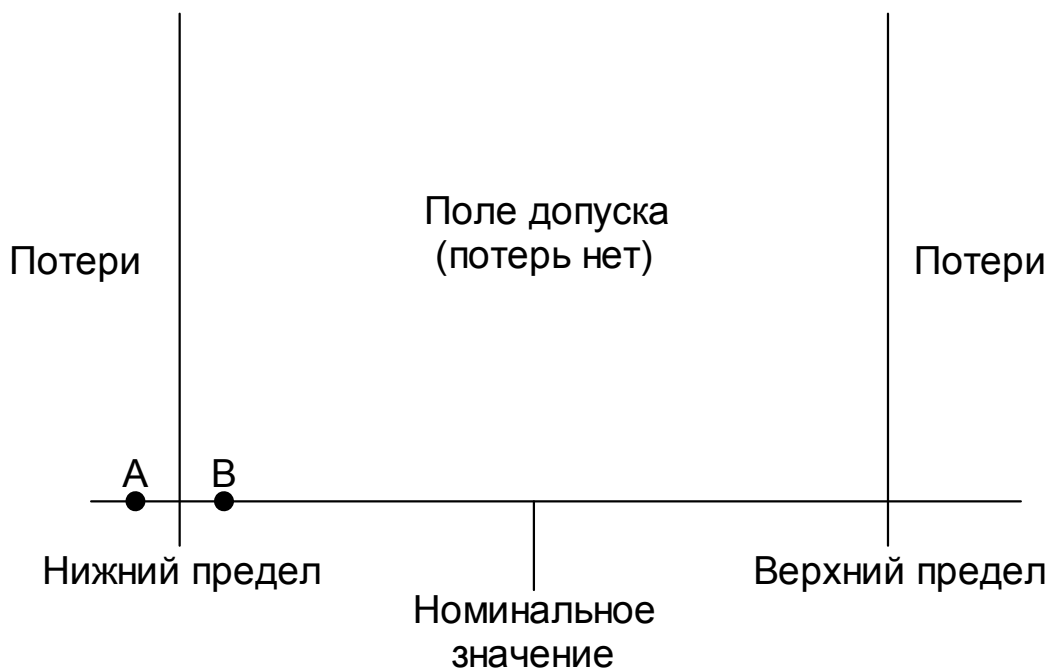


Рис.17.1. Допусковое мышление

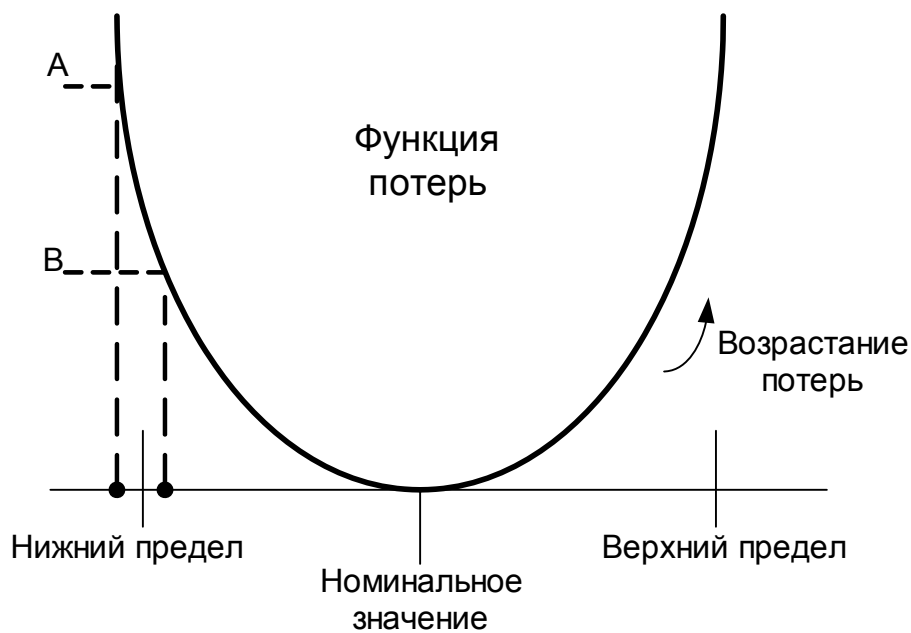


Рис. 17.2. Мышление через функцию потерь

*Практическое применение функции потерь заключается в том, что любое отклонение от номинала приводит к прямым или косвенным потерям для предприятия изготовителя, гарантийных служб или потребителей.*

*Таким образом, если производится продукция, соответствующая целевым значениям, это приводит к снижению затрат на качество, уменьшению возможных затрат, связанных с приемочными испытаниями,*

*а также к снижению вероятности того, что в будущем компания утратит свою репутацию.*

Функция потерь также позволяет инженеру установить экономически обоснованные границы поля допуска, а также ответить на вопрос о том, сколько денег он может потратить на уменьшение разброса в процессе изготовления или в свойствах продукта.

Из сказанного ранее становится ясно, **что задачей любого производства является производство продукции с номинальными (целевыми) значениями.** Но у любого здравомыслящего человека, не слышавшего о методах Тагути, возникает вопрос: как же этого можно добиться? Для того чтобы это сделать, Тагути предлагает вернуться к стадии проектирования.

Преимущество планирования параметров, предложенного Тагути, заключается в том, что планирование помогает выяснить, какие факторы важны для снижения разброса (**управляемые факторы**), какие важны для удержания выхода на целевом значении (**сигнальные факторы**), а какие фактически не имеют значения (**второстепенные факторы**) при достижении этих целей. Второстепенные факторы стоит установить на самых дешевых уровнях с целью снижения затрат, не создавая никаких компромиссов с качеством.

*Важный аспект методологии Тагути* состоит в том, что он не предполагает управлять каждым фактором, учитываемым в технологическом процессе или при изготовлении продукта. Идея состоит в том, чтобы влиять только на те факторы, которые способны привести к снижению затрат, причем делать это организованным, тщательно продуманным способом; те же факторы, управление которыми не способно привести к снижению затрат, следует просто игнорировать.

Тагути вводит понятие идеальной функции. *Идеальная функция* определяется идеальным соотношением между сигналами на входе и выходе, выражаемым специальной формулой. Но реальные процессы показывают результаты, отличные от предсказанных идеальной функцией.

Тагути вводит понятие отклоняющего фактора (или «шума»), являющегося причиной разброса характеристик на рабочем месте, а также вносит поправку в понятие случайного отклонения. Специалисты по математической статистике считают, что на результат статистического прогнозирования влияют случайные факторы. Тагути придерживается мнения, что все отклонения и ошибки имеют свои причины и что существуют не случайности, а факторы, которые иногда трудно учесть.

Специалист, использующий методы Тагути, должен владеть методами предсказания «шума» в любой области, будь то технологический процесс или маркетинг.

**Внешние «шумы»** – это вариации окружающей среды: влажность; пыль; индивидуальные особенности человека и т.д. «Шумы» при хранении и эксплуатации – это старение, износ и т.п.

**Внутренние «шумы»** – это производственные неполадки, приводящие к различиям между изделиями даже внутри одной партии продукции.

Тагути создал надежный и изящный метод расчета, используя идею отношения «сигнал/шум», принятую в электросвязи. Отношение «сигнал/шум» используется Тагути не только применительно к измерениям, но и в более широком смысле – для проектирования и оптимизации процессов. Отношение «сигнал/шум» стало основным инструментом инжиниринга качества. Это основное понятие, имеющее смысл отношения составляющей «сигнала» на выходе к составляющей «шума».

Если обозначить значение параметра на входе (множество входных данных, начиная от качества станка, материала и квалификации работника вплоть до чистоты помещения) через  $M$ , составляющие «шума» (дефекты материала, ошибки рабочего) через  $x_1, x_2, x_3, \dots, x_n$ , значение параметра на выходе (в нашем случае рассматривается диаметр вала коробки передач автомобиля) через  $y$ , то  $y$  будет функцией  $M$  и «шума»

$$y = f(M, x_1, x_2, \dots, x_n). \quad (17.2)$$

Отношение «сигнал/шум» в общем виде записывается так:

$$C/Ш = \frac{(df / dM)^2}{(df / dx_1)^2 \cdot \sigma x_1^2 + \dots + (df / dx_n)^2 \cdot \sigma x_n^2}. \quad (17.3)$$

Тагути предложил 72 формулы для расчета отношения «сигнал/шум», большинство которых связаны со спецификой соответствующих отраслей техники (электроники, автомобилестроения, химии и т.д.). Однако существуют три стандартные общепотребительные формулы:

- Тип  $N$ : оптимальные номинальные характеристики (размеры, выходное напряжение и т.д.)

$$C/Ш = 101g \frac{(Sm - Ve) / n}{Ve}, \quad (17.4)$$

где  $Sm = \frac{(\sum y_i)^2}{n}$ ;

$$Ve = \frac{\sum y_i^2 - (\sum y_i)^2 / n}{n - 1};$$

$y_i$  – параметр  $i$ -го наблюдения;

$n$  – количество наблюдений.

• Тип *S*: оптимальные минимальные характеристики (шум, загрязнение и т.д.)

$$C/Ш = 101g\left(\sum y_i\right)^2 / n. \quad (17.5)$$

• Тип *B*: оптимальные максимальные характеристики (прочность, мощность и т.д.)

$$C/Ш = 101g\left[\sum(1/y_i)^2\right] / n. \quad (17.6)$$

Отношение «сигнал/шум» интерпретируется всегда одинаково: чем больше отношение, тем это лучше. По существу, эта величина связана с коэффициентом вариации относительно  $y$  при зафиксированных условиях эксперимента для управляемых факторов. Стандартными методами находится модель

$$C/Ш = \varphi(x_1, x_2, \dots, x_n). \quad (17.7)$$

Рассмотрение такой модели, наряду с моделью для средних значений, позволяет найти компромиссный режим, который при достаточно высоких средних значениях обладает наилучшей робастностью, т.е. меньше всего варьирует под воздействием неуправляемых факторов. При этом можно использовать как дисперсионный, так и регрессионный анализ. Впрочем, Тагути рекомендует чаще пользоваться графическими методами, не прибегая к формальным вычислениям.

В отличие от принятого в статистике толкования отношения «сигнал/шум» как отношения разности между начальным значением и измененным значением к начальному значению, в методах Тагути принято рассматривать отношение разности этих значений к среднему значению. Это позволяет повысить точность расчета, а значит, и надежность изделия.

При перенесении методов Тагути из лабораторных в реальные условия предложено ввести для отношения «сигнал/шум» расчет устойчивости. В данном случае устойчивость означает высокую повторяемость реагирования. Сама *устойчивость* выражает, в некотором роде, взаимодействие между «сигналом» и «шумом». При изменении «шума» величина реагирования изменяется. В результате изменится и среднее значение. Расчет устойчивости параметров проводится в соответствии с методом Тагути не сложными трудоемкими и дорогостоящими способами, а новым методом экспериментального проектирования с использованием дисперсионного анализа. В процессе экспериментального проектирования значения параметров подбираются таким образом, чтобы «сигнал» был как можно больше, а «шум» как можно меньше.



### Примерная схема метода надежного проектирования

1. Выявление всех факторов, оказывающих какое-либо влияние на процесс (методы мозгового штурма, экспертный и другие).
2. Подготовка эксперимента (число экспериментов должно быть не меньше 16, каждый эксперимент должен проводиться не менее чем с четырьмя образцами). Строится матрица планирования эксперимента.
3. Проводятся эксперименты. Полученные значения соответствующих функциональных характеристик записываются в соответствующие таблицы.
4. Для всех экспериментов по соответствующим формулам рассчитывается значение соотношения «сигнал/шум».
5. С помощью дисперсионного или корреляционного анализа выявляется степень влияния каждого фактора на результат измерения. Если фактор слабо влияет на результат измерения – его устанавливают на самом низком уровне. Для факторов, значительно влияющих на конечный результат, выясняют, какие манипуляции надо с ними выполнять, чтобы приблизиться к оптимуму (в случае корреляционного анализа определяем прямую или обратную зависимость с результатом).
6. Проводится эксперимент с учетом п. 5.

## 2. Методика выполнения и оформления работы

2.1. Оценить качество работы продавцов-консультантов магазина бытовой техники по критериям, представленным в табл. 17.1.

Таблица 17.1

Критерий	Область значений	Номинальное значение	Граница поля допуска верхняя	Граница поля допуска нижняя	Результаты тестирования продавцов-консультантов		
					Елена	Игорь	Андрей
1	2	3	4	5	6	7	8
Компетентный ответ на минимум вопросов	0-5 важнейшие характеристики товара/услуги	5	-	2 – штраф 200 рублей	2	5	3
Внешний вид	Соответствие стандартам: 1 – норма 2 – мелкий изъян 3 – нарушение стандарта 4 – грубое нарушение	1	Мелкий изъян – 50 рублей; нарушение стандарта – 200 рублей; грубое нарушение 5000 рублей	-	2	2	3

Окончание табл. 17.1

1	2	3	4	5	6	7	8
Активность	Отношение времени контрольного интервала к времени, в течение которого продавец консультировал клиентов	1	2 – стоимость 1 дня работы продавца-консультанта (400 руб.)	-	1,4	1,1	1,3

2.2. Определить постоянные функции потерь по формуле (17.1) для каждого критерия.

2.3. Определить потери продавцов-консультантов в зависимости от значений, полученных в результате тестирования.

2.4. Рассчитать суммарные потери каждого продавца-консультанта.

2.5. Результаты расчетов представить в форме табл. 17.2.

Т а б л и ц а 17.2

Критерий	Постоянная функции потерь $k$	Продавцы-консультанты		
		Елена	Игорь	Андрей
		Потери, руб.		
Компетентный ответ на минимум вопросов				
Внешний вид				
Активность				
Суммарные потери, руб.				

2.6. Сделать вывод об уровне квалификации персонала магазина бытовой техники.

### Вопросы для самоподготовки

1. В чем заключается практическое применение функции потерь?
2. Как изменяется стоимость продукции, вызванная отклонением от целевого значения (номинала)?
3. Что такое внешние шумы при применении функции Тагути?
4. Как связана функция Тагути с разбросом показателей качества?
5. Как вычисляется отношения «сигнал/шум» в методах Тагути?

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Комплексное управление качеством продукции (и услуг) невозможно без организации на предприятиях планомерной работы по повышению качества продукции. В этих условиях ключевую роль играет использование современных эффективных методов обеспечения качества продукции.

Для решения этой задачи могут эффективно применяться инструменты контроля и управления качеством на основе методов квалиметрии, включающих в себя комплекс методов и способов, направленных на обеспечение и оценку качества продукции и процессов.

Рассматриваемые в предлагаемом пособии методы при их грамотном практическом применении позволят приобрести навыки количественного оценивания фактического (достигнутого) уровня качества и систематизации имеющейся информации с целью принятия оптимального решения о конкретных путях и методах повышения качества продукции (услуг).

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Азгальдов, Г.Г. О квалиметрии [Текст] / Г.Г. Азгальдов, Э.П. Райхман, А.В. Гличев. – М.: Стандартиздат, 1973.
2. Азгальдов, Г.Г. Теория и практика оценки качества товаров (основы квалиметрии) [Текст] / Г.Г. Азгальдов. – М.: Экономика, 1982. – 256 с.
3. Азгальдов, Г.Г. Теория и практика оценки качества товаров [Текст] / Г.Г. Азгальдов. – М.: Экономика, 1989. – 256 с.
4. Всеобщее управление качеством [Текст]: учебник / под ред. О.П. Глудкина. – М.: Радио и связь, 1999. – 599 с.
5. Калейчик, М.М. Квалиметрия [Текст]: учебное пособие / М.М. Калейчик. – М.: МГИУ, 2003.-200 с.
6. Логанина, В.И. Квалиметрия и управление качеством [Текст]: учебное пособие / В.И. Логанина, Л.В. Макарова, Р.В. Тарасов. – Пенза: ПГУАС, 2014. – 304 с.
7. Логанина, В.И. Обеспечение качества и повышение конкурентоспособности строительной продукции [Текст]: монография / В.И. Логанина, Л.В. Макарова, Р.В. Тарасов. – Пенза: ПГУАС, 2014. – 176 с.
8. Логанина, В.И. Принципы и методы обеспечения качества продукции [Текст]: учебное пособие / В.И. Логанина, Л.В. Макарова. – Пенза: ПГУАС, 2005. – 132 с.
9. Лунькова, С.В. Измерение качества (квалиметрия) текстильных материалов и товаров [Текст]: методические указания к лабораторным работам / С.В. Лунькова, А.Ю. Матрохин. – Иваново: ИГТА, 2004. – 40 с.
10. Мазур, И.И. Управление качеством [Текст]: учебное пособие / И.И. Мазур, В.Д. Шапиро. – М.: Высшая школа, 2003. – 339 с.
11. Макарова, Л.В. Измерение качества продукции и услуг [Текст]: учебное пособие /Л.В. Макарова, В.И. Логанина, И.С. Великанова. – Пенза: ПГУАС, 2009. – 72 с.
12. Макарова, Л.В. Экспертные методы в управлении качеством [Текст]: учебное пособие /Л.В. Макарова, Р.В. Тарасов. – Пенза: ПГУАС, 2012. – 92 с.
13. Менеджмент качества [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://www.kpms.ru/General\\_info/Just\\_in\\_Time.htm](http://www.kpms.ru/General_info/Just_in_Time.htm)
14. Метод «Бенчмаркинг» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.inventech.ru/pub/methods/metod-0029/>
15. Михеева, Е. Н. Управление качеством [Текст]: учебник для вузов / Е. Н. Михеева, М. В. Сероштан. – 2-е изд., испр. и доп. – М.: Дашков и К, 2011. – 532 с.
16. Пономарев, С.В. Квалиметрия и управление качеством. Инструменты управления качеством [Текст]: учебное пособие / С.В. Пономарев,

С.В. Мищенко, Б.И. Герасимов, А.В. Трофимов. – Тамбов: ТГТУ, 2005. – 80 с.

17. Решение задач квалиметрии машиностроения [Текст]: учеб. пособие/ под ред. В.Я. Кершенбаума, Р.М. Хвастунова. – М.: Технонефтегаз, 2001. – 157 с.

18. Рыжаков, В.В. Основы оценивания качества продукции [Текст]: учебное пособие/ В.В. Рыжаков, В.Б. Моисеев, Л.Г. Пятирублевый. – Пенза: Изд-во Пенз. технол. института, 2001. – 271 с.

19. Статистические методы в повышении качества [Текст]: пер. с англ./ под ред. Х. Кумэ. – М.: Финансы и статистика, 1990. – 304 с.

20. Субетто, А.И. Квалиметрия [Текст] / А.И. Субетто. – СПб.: Изд-во «Астерион», 2002. – 288 с.

21. Управление качеством продукции. Инструменты и методы менеджмента качества [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://biglibrary.ru/category38/book135/part36>

22. Управление качеством продукции. Инструменты и методы менеджмента качества [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://biglibrary.ru/category38/book135/part34/>

23. Федюкин, В.К. Квалитология [Текст]: учебное пособие / В.К. Федюкин. – СПб.: Изд-во СПбГИЭУ, 2002. – Ч. 1.

24. Федюкин, В.К. Основы квалиметрии [Текст] / В.К. Федюкин. – М.: Изд-во «ФИЛИНЪ», 2004.

25. Федюкин, В.К. Управление качеством производственных процессов [Текст]: учебное пособие / В.К. Федюкин. – М.: КНОРУС, 2013. – 232 с.

26. Федюкин, В.К. Методы оценки и управления качеством продукции [Текст]: учебник / В.К. Федюкин, В.Д. Дурнев, В.Г. Лебедев. – Изд. 2-е, перераб. и доп. – М.: Информационно-издательский дом «Филинъ», Рилант, 2001. – 328 с.

27. Фомин, В.Н. Квалиметрия. Управление качеством. Сертификация [Текст] / В.Н. Фомин. – М.: Ассоциация авторов и издателей «ТАНДЕМ». Изд-во «ЭКМОС», 2002.

28. Шишкин, И.Ф. Квалиметрия и управление качеством [Текст]: учебник / И.Ф. Шишкин, В.М. Станякин. – М.: Изд-во ВЗПИ, 1992. – 255 с.

## О Г Л А В Л Е Н И Е

ПРЕДИСЛОВИЕ .....	2
ПРЕДИСЛОВИЕ .....	3
ВВЕДЕНИЕ .....	6
Практическое занятие № 1. КВАЛИМЕТРИЯ КАК НАУКА И ЕЕ РОЛЬ В УПРАВЛЕНИИ КАЧЕСТВОМ .....	7
Практическое занятие № 2. СИСТЕМА ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА ОБЪЕКТОВ.....	16
Практическое занятие № 3. КОНЦЕПЦИЯ ПОСТРОЕНИЯ СИСТЕМЫ ОЦЕНИВАНИЯ КАЧЕСТВА ОБЪЕКТА .....	24
Практическое занятие № 4. МЕТОДЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА ПРОДУКЦИИ.....	32
Практическое занятие № 5. МЕТОДИКА ПОСТРОЕНИЯ ДЕРЕВА СВОЙСТВ .....	36
Практическое занятие № 6. МЕТОДЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ КОЭФФИЦИЕНТОВ ВЕСОМОСТИ ЕДИНИЧНЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА ПРОДУКЦИИ.....	45
Практическое занятие № 7. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОТНОСИТЕЛЬНЫХ (ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫХ) ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА ПРОДУКЦИИ В БЕЗРАЗМЕРНОЙ ФОРМЕ .....	59
Практическое занятие № 8. ПОСТРОЕНИЕ НОМОГРАММ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ КОМПЛЕКСНОГО ПОКАЗАТЕЛЯ КАЧЕСТВА ПРОДУКЦИИ.....	63
Практическое занятие № 9. ПОЛУЧЕНИЕ КОЛИЧЕСТВЕННОЙ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА ПРОДУКЦИИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ КОМПЛЕКСНОГО МЕТОДА.....	68
Практическое занятие № 10. ИНТЕГРАЛЬНЫЙ МЕТОД ОЦЕНКИ УРОВНЯ КАЧЕСТВА ПРОДУКЦИИ.....	72
Практическое занятие № 12. МЕТОДЫ ПОЛУЧЕНИЯ И ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ИНФОРМАЦИИ В РАМКАХ УПРАВЛЕНИЯ КАЧЕСТВОМ ОБЪЕКТОВ.....	82
Практическое занятие № 13. ПРИМЕНЕНИЕ СТАТИСТИЧЕСКИХ МЕТОДОВ ПРИ АНАЛИЗЕ КАЧЕСТВА ПРОДУКЦИИ .....	94
Практическое занятие № 14. ПРИЧИННО-СЛЕДСТВЕННАЯ ДИАГРАММА .....	102
Практическое занятие № 15. ДРЕВОВИДНАЯ ДИАГРАММА.....	106

Практическое занятие № 16. БЕНЧМАРКИНГ .....	109
Практическое занятие № 17. ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА ТАГУТИ ПРИ АНАЛИЗЕ КАЧЕСТВА ПРОДУКЦИИ И УСЛУГ .....	116
ЗАКЛЮЧЕНИЕ .....	123
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК .....	124

Учебное издание

Макарова Людмила Викторовна  
Тарасов Роман Викторович

**КВАЛИМЕТРИЯ**

Практикум по направлению подготовки  
27.03.01 «Стандартизация и метрология»

Редактор        М.А. Сухова  
Верстка        Н.А. Сазонова

---

Подписано в печать 6.06.16. Формат 60×84/16.  
Бумага офисная «Снегурочка». Печать на ризографе.  
Усл. печ. л. 7,44. Уч.-изд. л. 8,0. Тираж 80 экз.  
Заказ № 419.

---

Издательство ПГУАС.  
440028, г.Пенза, ул. Германа Титова, 28.