

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 И УПРАВЛЕНИЕ КАЧЕСТВОМ**

### **ПРАКТИКУМ**

Рекомендовано Редсоветом университета  
в качестве учебного пособия для студентов,  
обучающихся по направлению подготовки 27.04.02  
«Управление качеством»

Пенза 2016

УДК 658.562.004.12  
ББК 30.607В6:65.290-80  
М15

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

**Макарова Л.В.**

М15 Квалиметрия и управление качеством: практикум по направлению подготовки 27.04.02 «Управление качеством»/ Л.В. Макарова, Р.В. Тарасов. – Пенза: ПГУАС, 2016. – 160 с.

Содержатся сведения о практическом применении методов оценки качества продукции и услуг. Даны примеры решения типовых задач.

Учебно-методическое пособие подготовлено на кафедре «Управление качеством и технология строительного производства» и предназначено для использования студентами, обучающимися по направлению подготовки 27.04.02 «Управление качеством», при изучении дисциплины «Квалиметрия и управление качеством», также может быть полезным инженерно-техническим работникам, занимающимся вопросами оценки качества продукции (услуг).

© Пензенский государственный университет  
архитектуры и строительства, 2016  
© Макарова Л.В., Тарасов Р.В., 2016

## ПРЕДИСЛОВИЕ

Наиболее объективным показателем конкурентоспособности продукции является уровень качества, который складывается из технического уровня продукции и полезности товара для потребителя через функциональные, социальные, эстетические, эргономические, экологические свойства. При оценке качества изделия в настоящее время в основном руководствуются действующими нормативными документами. Однако они не всегда позволяют сделать правильные выводы относительно качества продукции. Для формализации и упрощения процедуры оценки качества, выразив его единым обобщенным показателем, можно применить методологию квалиметрии.

Настоящий практикум подготовлен в соответствии с программой курса «Квалиметрия и управление качеством» и предназначен для магистров, обучающихся по направлению подготовки «Управление качеством».

Практикум позволит сформировать навыки и умения проведения оценки и управления качеством продукции в рамках овладения следующими компетенциями:

- способностью формулировать цели и задачи исследования, выявлять приоритеты решения задач, выбирать и создавать критерии оценки;
- способностью применять современные методы исследования, оценивать и представлять результаты выполненной работы;
- способностью участвовать в проведении корректирующих и превентивных мероприятий, направленных на улучшение качества;
- способностью осуществлять постановку задачи исследования, формирование плана его реализации;
- способностью выбирать существующие или разрабатывать новые методы исследования;
- способностью разрабатывать рекомендации по практическому использованию полученных результатов исследований.

В результате изучения дисциплины обучающийся должен:

*Знать*

- 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;
- методы построения моделей и идентификации исследуемых процессов, явлений и объектов;
- современные методы оценки качества исследуемых объектов;
- методы осуществления экспертных и аналитических работ;
- способы анализа качества изучаемых объектов;

- 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;
- правила оформления документации в рамках проведенного исследования (оценки);
- требования к разработке корректирующих и превентивных мер, направленных на повышение, обеспечение и управление качеством изучаемого объекта;
- основы концепции всеобщего управления качеством продукции;
- методологию научных исследований;
- основы управления качеством изучаемых объектов;
- теоретические основы создания систем качества.

*Уметь:*

- формировать номенклатуру показателей качества объектов;
- применять методы анализа данных о качестве продукции и способы отыскания причин брака;
- принимать решения о фактическом уровне качества и степени достижения запланированных результатов по качеству;
- пользоваться современной научно-технической информацией по исследуемым проблемам и задачам;
- планировать исследования в рамках оценки качества изучаемого объекта;
- уметь использовать на практике умение и навыки организации исследовательских и проектных работ;
- оценивать уровень качества объекта в зависимости от целей;
- на научной основе организовывать свой труд, самостоятельно оценивать результаты своей деятельности;
- оформлять, представлять и докладывать результаты выполненной работы;
- выбирать эффективные инструменты контроля, анализа и проектирования качества изучаемых объектов;
- применять на практике традиционные и современные методы оценки качества изучаемых объектов;
- разрабатывать и реализовывать мероприятия по совершенствованию способов и методов оценки и управления качеством 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;
- ставить и реализовывать задачи по разработке организационно-технических мероприятий, направленных на улучшение качества продукции;
- разрабатывать нормативно-техническую документацию по созданию системы обеспечения качества и контролю ее эффективности;
- пользоваться современными наработками в области управления качеством.

*Владеть*

- приемами организации и проведения работы по оцениванию качества 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;
- методами оценки уровня качества изучаемых объектов;
- навыками выбора направления исследования;
- современными инструментами контроля и управления качеством объектов исследования;
- навыками принятия решений в нестандартных ситуациях;
- методологией практической реализации предлагаемых мероприятий;
- методами организации работ по обеспечению качества в условиях конкретного производства;
- навыками составления планов мероприятий направленных на улучшение качества изучаемого объекта.

## ВВЕДЕНИЕ

Качество выражает потребительские свойства изделий, обнаруживаемые в процессе их потребления. Систематическое его улучшение принадлежит к числу основных условий повышения эффективности общественного производства и решения социальных задач.

Качество предметов народного потребления, в свою очередь, во многом определяет состояние экономики потребления, степень удовлетворения нужд населения, способствуя, тем самым, достижению фундаментальной социальной цели нашего общества. В конечном счете, улучшение качества промышленной продукции обеспечивает экономию капиталовложений, рост коэффициента использования производственных мощностей, сокращение текущих эксплуатационных издержек и в известном смысле увеличение реальных доходов населения. Для успешного решения возникающих в этой связи проблем объединение (предприятие) формирует систему управления качеством продукции, призванную регулировать движение совокупности взаимосвязанных факторов (модель изделия, техническая документация, оборудование и инструмент, комплектующие элементы труда), определяющих, в конечном счете, искомое качество. Регулирование предполагает планирование качества, контроль уровня качества проектируемых и выпускаемых изделий, выработку управляющих воздействий и корректировку плана с учетом условий.

# Практическое занятие № 1

## ПРОЦЕДУРА ОЦЕНКИ УРОВНЯ КАЧЕСТВА ОБЪЕКТОВ

**Цель занятия:** ознакомиться с процедурой оценивания качества продукции и услуг.

### 1. Основные понятия

Квалиметрия (от латинского «квали» – какой, какого качества и древнегреческого «метро» – мерить, измерять) – научная дисциплина, изучающая методологию и проблематику количественного оценивания качества объектов. Объектом квалиметрии является любой предмет, процесс, явление, качество готовой продукции и др.

Квалиметрия имеет следующие методологические принципы:

1. Квалиметрия должна предлагать экономике, общественно полезные методы количественной оценки качества различных объектов исследования.

2. Приоритеты показателей для оценки качества продукции находятся всегда на стороне потребителя.

3. Квалиметрическая оценка качества продукции, товаров и услуг не может быть получена без наличия эталона.

4. Показатель любого уровня сравнения или обобщения определяется соответствующими показателями предшествующего иерархического уровня.

5. При использовании метода комплексной оценки качества объекта все разноразмерные показатели его свойств преобразуются и приводятся к обобщенной единице измерения.

6. При определении комплексного показателя качества объекта каждый показатель отдельного его свойства должен быть скорректирован коэффициентом весомости.

7. Сумма численных значений коэффициентов весомости всех показателей качества на любых иерархических ступенях оценки имеет одинаковое значение.

8. Качество целого объекта обусловлено совокупностью качеств его составных частей.

9. При количественной оценке качества недопустимо использование взаимообусловленных показателей одного и того же свойства объекта.

10. Оценивается качество только того объекта, который способен выполнять полезные функции в соответствии с его назначением.

В свою очередь квалиметрия межотраслевая научная дисциплина. Она необходима в тех случаях, когда нужно дать количественную оценку качества объекта.

Квалиметрия формируется и развивается в двух взаимосвязанных областях: в области теоретической квалиметрии формируются общие принципы, методы и средства оценки качества; а в области прикладной квалиметрии формируется с учетом положений теоретической квалиметрии рабочий инструментарий для оценки конкретных объектов.

Использование в квалиметрии экспертных оценок вызывает потребность в ее тесном контакте с экспериментальной психологией. Взаимосвязь квалиметрии и прикладной математики заключается в том, что первая использует методы, приемы, принципиальные подходы, разработанные во второй. Так же, как и большинство других наук, квалиметрия является «потребителем» той «продукции», которую производит прикладная математика. Квалиметрические оценки, включаемые в расчеты экономической эффективности, помогают обеспечить сопоставимость сравниваемых вариантов и, таким образом, повышают точность этих расчетов. Квалиметрия обеспечивает получение данных, которые необходимы для использования в теории экономической эффективности.

Возможные направления применения квалиметрии, представляющиеся самыми важными с точки зрения производителей :

1. Определение эталонного и браковочного значений показателей по каждому свойству в данный момент и в некоторые моменты в близком будущем методами квалиметрии дает возможность получения информации, важной для производства.

2. Определение динамики изменения значений показателя от дельного свойства образцов одного типа. Такая информация может оказаться очень полезной при разработке стратегии развития профиля качества производства продукции производителем.

3. Выявление свойств образцов, значения показателей которых соответствуют (или не соответствуют) тем или иным заданным требованиям.

4. Выявление свойств, улучшение (ухудшение) значений показателей которых приведет к повышению (понижению) качества образца на заданную величину.

5. Количественное оценивание значения показателя сложного свойства данного образца по отношению к мировому уровню, по отношению к другим образцам аналогичного типа, к образцам других типов, а также выявление динамики изменения качества продукции.

6. Анализ рынка с точки зрения качества предложенной продукции.

7. Прогнозирование изменения качества образца при изменении материала или технологии его изготовления, или его конструкции.

8. Анализ соответствия цены данного образца продукции и его качеству (или соответствие качества его цене).

9. Анализ влияния на цену образца изменения значений показателя свойства, а также изменения основного материала, конструкции или технологии изготовления образца.



10. Анализ и определение конкурентоспособности продукции по ее цене, по качеству, по удобству ее приобретения и эксплуатации, а также с учетом всех затрат получателя и получаемых им результатов.

11. Анализ качества изготовления продукции: анализ явных и скрытых дефектов, определяющих качество изготовления фирмой продукции данного типа; количественное оценивание значения показателя качества изготовления продукции.

Приведенные выше направления получения квалиметрической информации не являются полным их перечнем. Отмечены только те направления использования квалиметрии, которые связаны с анализом качества и конкурентоспособности продукции. При этом учтены только считающиеся первоочередными – как с точки зрения наличия необходимого квалиметрического аппарата, так и с точки зрения сегодняшнего соотношения приоритетов этих видов информации.

## 2. Технология квалиметрической оценки

Основные этапы квалиметрической оценки представлены на рис.1.1.



Рис.1.1. Этапы квалиметрической оценки

*Ситуация оценивания* – это часть периода существования объекта, в котором проявляются его потребительские свойства.

Для выделения этих свойств необходимо, прежде всего, определить потребителей – те группы лиц, которые имеют дело с объектом в период его существования и предъявляют к нему одинаковые требования.

*Определение решений.* Количественная оценка качества необходима для поддержки принятия управленческих решений. Именно перечень возможных решений определяет список показателей качества и характер операций с ними.

*Генерация показателей качества.* Всякий объект может характеризоваться неопределенно большим количеством показателей качества.

Однако существенными являются только некоторые показатели, например, потребительские свойства, т.е. те, которые формируют ожидания потребителя.

Среди них могут быть частные и комплексные. Частные – это те, которые можно оценить непосредственно (инструментально или экспертно). Частные показатели объединяют в однородные группы, каждая из которых служит основой для расчета комплексного показателя одноименной группы.

Получаемая таким образом структура показателей качества называется «деревом свойств», имеющим в квалиметрии два предназначения:

- структуризация мышления (разработчик критериев начинает четко представлять себе, какие группы свойств определяют качество объекта и достаточно ли полно они представлены);
- графическое изображение первичного алгоритма для расчета комплексного показателя качества.

*Определение коэффициентов весомости.* С учетом разработанных шкал для измерения показателей качества выбирают способ оценивания их относительной значимости («весомости») с целью комплексной оценки качества ближайшего уровня по дереву свойств. Также выполняется оценивание относительной весомости комплексных показателей, входящих в общую группу следующего уровня дерева и т.д.

Помимо определения «весомости» частных показателей находят оценку их «желательности» или «полезности» для потребителя.

*Определение взаимодействия.* Выявляется возможное взаимодействие между частными и комплексными показателями с позиции «желательности».

Отдельные единичные показатели и значения всех коэффициентов весомости устанавливаются экспертным путем на основании проведенного анализа, с применением таких методов экспертной оценки, как – непосредственное измерение, ранжирование и сопоставление.

*Конструирование алгоритма.* Сконструировать алгоритм – это значит установить его логико-вычислительную структуру. Простейший алгоритм – «Дерево свойств».

*Проверка надежности алгоритма.* Заключается в определении вероятности ошибки в принятии решения с помощью разработанного алгоритма и установлении критерия достоверности принимаемых решений.

Оценивание качества продукции производится для решения следующих задач:

- обеспечения и управления качеством;
- аттестации продукции по категориям качества;
- выбора наилучшего (оптимального) варианта продукции;
- планирования показателей качества создаваемой продукции;
- контроля качества;
- анализа изменения уровня качества.

### 3. Методика выполнения и оформления работы

3.1. Выбрать объект исследования.

3.2. Разработать алгоритм квалиметрического оценивания данного объекта.

#### Вопросы для самоподготовки

1. Что такое ситуация оценивания?
2. Перечислите основные этапы квалиметрического оценивания.
3. Что такое формализация информации?
4. Что такое количественное и качественное оценивание?
5. Что такое прямое и косвенное оценивание качества продукции?
6. Перечислите методологические принципы квалиметрии.
7. Сформулируйте области возможного применения квалиметрии.

## Практическое занятие № 2

# СИСТЕМА ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА ОБЪЕКТОВ

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

### 1. Основные сведения

Показатель качества продукции – это количественная характеристика одного или нескольких свойств продукции, входящих в её качество, рассматриваемая применительно к определённым условиям её создания и эксплуатации или потребления.

Показатели качества по количеству характеризующих свойств могут быть **единичными** и **комплексными**.

**Единичный показатель качества** – показатель качества, относящийся только к одному из свойств объекта.

**Комплексный показатель качества** – показатель качества объекта, относящийся к нескольким его свойствам. Комплексный показатель качества позволяет в целом охарактеризовать качество объекта или группу его свойств.

При любом измерении нужен эталон сравнения. Для этого в квалиметрии введены следующие показатели качества.

**Базовый показатель качества  $R_{\text{баз}}$**  – показатель качества объекта, принятый за эталон при сравнительных оценках качества. Базовые показатели так же могут быть единичными и комплексными.

**Относительный показатель качества  $K_j$**  – отношение показателя качества оцениваемого объекта к базовому показателю качества.

**Обобщенный показатель качества** – показатель качества, относящийся к такой совокупности свойств объекта, по которой принято решение оценивать его качество в целом.

При оценке качества объектов должны в полной мере учитываться их свойства. Существует система показателей качества, в которую входят: показатели назначения, надежности и долговечности, эргономические показатели и т.д.

Номенклатура показателей качества продукции представлена в табл. 2.1.

### 2. Показатели качества услуг

Существуют 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);

Таблица 2.1

## Номенклатура показателей качества продукции

Наименование критерия и основного вида показателя качества	Условное обозначение показателя качества	Примеры показателей качества
<b>1. Технический уровень</b>		
1.1. Показатели назначения	$H_3$	Прочность, жесткость, трещиностойкость, огнестойкость, сейсмостойкость, морозостойкость, влагостойкость, стойкость к воздействию солнечной радиации, теплоизоляция, звукоизоляция, светопропускание
1.2. Показатели конструктивности	$H_k$	Геометрические размеры, форма, состав, структура
1.3. Показатели надежности (долговечность, сохраняемость)	$H$	Вероятность возникновения отказов (в том числе разрушений, потери свойств), стойкость к коррозии, срок службы, время и условия хранения
1.4. Показатели ремонтно-пригодности (восстанавливаемости)	$P_n$	Продолжительность, трудоемкость и стоимость восстановления при отказах
1.5. Показатели технологичности	$T_x$	Трудоемкость изготовления, материалоемкость, энергоемкость, степень механизации и автоматизации
1.6. Показатели транспортабельности	$T_p$	Масса, габариты, материалоемкость и трудоемкость упаковки, возможность контейнеризации
1.7. Показатели совместимости	$C_c$	Взаимная увязка размеров, допусков, видов стыков; согласованность сроков службы
1.8. Эргономические показатели	$\mathcal{E}p$	Температурный режим; уровень токсичности, запыленности, вибрации; удобство пользования продукцией
1.9. Эстетические показатели	$\mathcal{E}_c$	Художественная выразительность, внешний вид, качество поверхностей
<b>2. Стабильность показателей качества</b>		
2.1. Показатели однородности	$C_o$	Отклонение количественных значений свойств продукции от номинальных, коэффициент вариации основных свойств
2.2. Показатели соблюдения стандартов, ТУ, строительных норм и правил, проектов	$C$	Показатели соблюдения стандартов, ТУ, строительных норм и правил, проектной документации; процент брака, количество рекламаций
<b>3. Экономическая эффективность</b>		
3.1. Экономические показатели	$\mathcal{E}_k$	Удельные капитальные вложения, себестоимость, рентабельность, годовой экономический эффект, получаемый в народном хозяйстве
<b>4. Конкурентоспособность на внешнем рынке</b>		
4.1. Патентно-правовые показатели	$P_n$	Показатели патентной защиты и патентной чистоты, наличие экспорта продукции

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.

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

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.

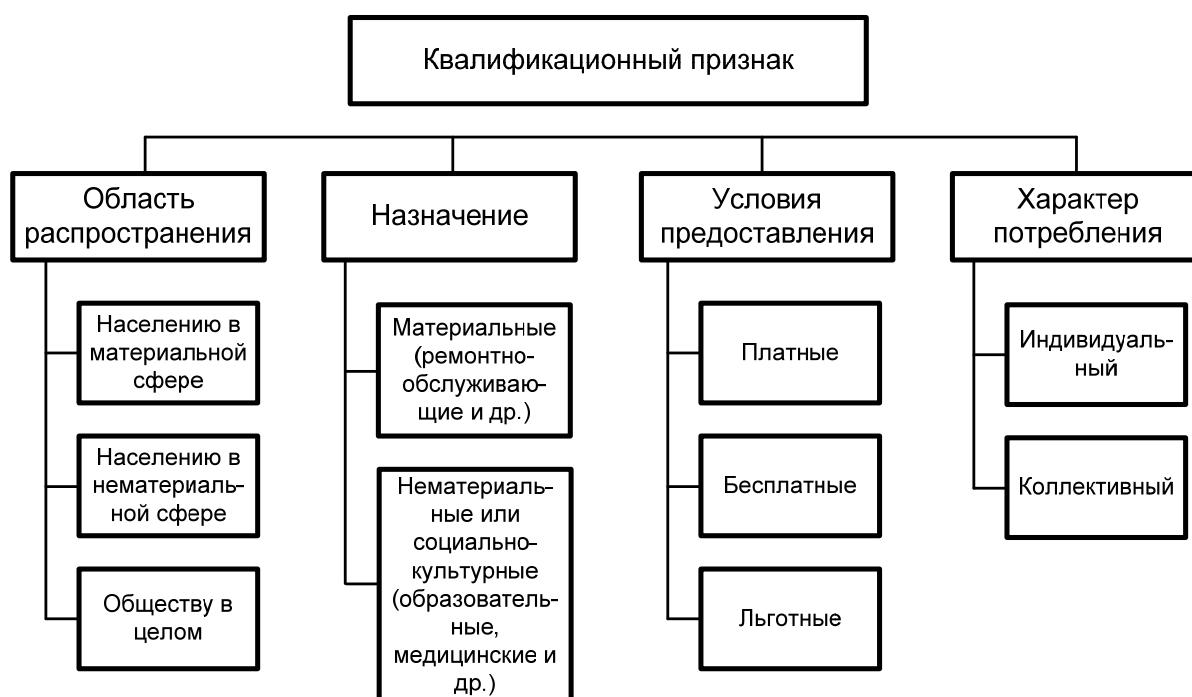


Рис. 2.1. Классификация видов услуг

### 3. Методика выполнения и оформления работы

3.1. Выбрать объект исследования и произвести его идентификацию.

3.2. 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

### ПРОЦЕДУРА УСТАНОВЛЕНИЯ БАЗОВОГО ОБРАЗЦА

**Цель занятия:** ознакомиться с технологией формирования группы аналогов и установления базового образца.

#### 1. Основные сведения

Одной из основных операций процедуры оценки уровня качества промышленной продукции является определение и принятие, т.е. установление в качестве образцовых, численных значений образца продукции, принимаемого за эталон и соответствующего лучшим научно-техническим достижениям на данный период времени. Эту операцию называют установлением базового образца. Часто при оценке уровня качества изделия его показатели качества сопоставляют с показателями не одного, а нескольких высококачественных и аналогичных изделий, принятых за базовые (эталонные).

В зависимости от конкретной цели оценки уровня качества промышленной продукции, устанавливаются для сопоставления различные типы базовых образцов. Они могут быть трех типов:

- базовые образцы, отражающие перспективные требования (перспективные образцы), установленные на определенный будущий период, в соответствии, с которыми разрабатывается перспективная новая промышленная продукция;

- базовые образцы, отражающие высший мировой уровень на настоящий период времени (лучшие реальные образцы);

- базовые образцы отечественного производства, отражающие наиболее высокие научно-технические достижения и соответствующие потребностям и возможностям народного хозяйства, а также для населения страны (реальные образцы).

Для установления одного или нескольких базовых образцов для сравнения с оцениваемым, сначала подбирают группу аналогичных изделий – группу аналогов, в которую включают примерно 8-15 подобных образцов. Все включаемые в группу аналоги и оцениваемая продукция должны иметь одинаковые классификационные характеристики назначения и области применения данного вида продукции. Классификационные характеристики для последующего сопоставления, оцениваемого и базовых образцов не используются. В группу аналогов включают:

- а) при оценке разрабатываемой продукции – перспективные и экспериментальные образцы, поступление которых на мировой рынок прогнозируется на период выпуска оцениваемой продукции; значения показателей качества перспективных образцов прогнозируются на период выпуска разрабатываемой продукции;



б) при оценке выпускаемой продукции-образцы, реализуемые на мировом рынке; значения показателей качества образцов устанавливаются на основе имеющейся, на них документации. При оценке выпускаемой продукции не допускается принимать в качестве аналогов единичные рекламные или экспериментальные образцы продукции, не освоенные производством;

в) при оценке эксплуатируемой продукции – лучшие (по оценкам экспертов) образцы, используемые обычно не менее 5 лет при выполнении тех же функций, какие выполняет оцениваемый образец.

Для каждого аналога должны быть определены значения всех оценочных показателей. При отсутствии значений некоторых показателей у отдельных аналогов допускается их вычисление по имеющимся значениям показателей других аналогов. На этапе разработки продукции прогноз значений показателей перспективных образцов основывается на анализе сложившихся тенденций изменения значений показателей, а также на патентных исследованиях и оценке сроков реализации перспективных технических решений, направленных на улучшение показателей качества данного вида продукции.

Образованная группа аналогов должна обеспечивать достоверность оценки продукции на заданный период времени (срок до снятия продукции с производства, период до следующей аттестации продукции и т.п.).

## 2. Порядок установления базового образца

Общий порядок установления базового образца включает следующие основные этапы:

1) сбор и анализ исходной информации о качестве наиболее известных изделий, формирование требований к базовому образцу, исходя из целей оценки уровня качества исследуемого промышленного изделия;

2) выбор классификационных показателей качества и аналоговой группы изделий;

3) обоснование и принятие метода определения базового образца из группы аналоговых образцов;

4) установление совокупности реальных значений классификационных показателей качества или такового обобщенного показателя для образца, принимаемого за базовый.

На этапе сбора и анализа исходной информации используют: сведения из научно-технической литературы и отчетов о прикладных НИР и ОКР; результаты патентных исследований; научно-технические прогнозы развития соответствующих отраслей промышленного производства; сведения о рыночной экономической ситуации в отрасли; требования нормативной документации; данные проспектов и паспортов образцов

продукции; результаты испытаний и эксплуатации отечественных и зарубежных образцов соответствующей продукции.

После сбора, анализа и систематизации исходной информации устанавливаются классификационные показатели качества для данной продукции, которые используются при формировании аналоговой группы образцов данного вида продукции.

*Классификационный показатель качества* продукции – это показатель, характеризующий принадлежность продукции к определенной классификационной группе-группе аналогов, принятой для последующего выявления базового образца.

*Аналоговая группа продукции или группа аналогов* – это несколько различных образцов, имеющих одинаковые или близкие значения классификационных показателей качества и выбранных для установления из них базового образца.

Классификационные показатели (или один показатель) выбираются из числа установленных номенклатурой показателей качества для оцениваемой продукции.

Установление базового образца осуществляется на основе принимаемого для этого критерия, которым обычно является интегральный показатель качества продукции, представляющий собой отношение полезного эффекта (выраженного в натуральных единицах измерения) от эксплуатации или потребления продукции к суммарным затратам на ее создание и эксплуатацию или потребление.

В тех случаях, когда затраты на разработку, изготовление и эксплуатацию продукции сравниваемых образцов достаточно близки или неизвестны, критерием при установлении базовых образцов служит обобщенный комплексный показатель качества продукции.

Выбор базового образца производят расчетно-экспериментальным и (или) аналоговым методами.

*Расчетно-экспериментальный метод* состоит в сочетании теоретических, экспериментальных и расчетных приемов определения совокупности перспективных значений показателей качества продукции на прогнозируемый период.

При *аналоговом методе* выбора базового образца производят ранжирование образцов аналоговой группы, и лучший образец из этой группы принимается за базовый.

Установление базового образца из аналоговой группы может быть осуществлено и экспертным методом, но с учетом значений главного (определяющего единичного), обобщающего или интегрального показателей качества рассматриваемых образцов.

Кроме того, в качестве базовых образцов выделяются лучшие из группы аналогов на основе метода попарного и последовательного сопоставления значений показателей качества всех аналогов.

Выделение базовых образцов методом попарного сопоставления аналоговых образцов осуществляется так:

- аналог не может быть признан базовым и исключается из последующих сопоставлений, если он уступает другому аналогу по совокупности единичных показателей, т.е. если он уступает другому аналогу хотя бы по одному показателю, не превосходя его ни по каким из остальных;

- оба аналога остаются для дальнейшего сопоставления с другими аналогами, если по одним показателям оказывается лучше первый аналог, а по другим показателям – второй и при этом значения иных показателей у аналогов практически совпадают (находятся в пределах разброса данных).

В результате такого попарного сопоставления аналогов остаются те аналоги, каждый из которых не уступает ни одному из остальных по совокупности единичных показателей.

### 3. Требования, предъявляемые к базовым образцам

К базовым образцам предъявляются следующие требования:

- базовый образец устанавливается для определенного вида однородной продукции, имеющей сходные условия эксплуатации, одинаковое функциональное назначение, единый принцип действия и предназначенный для известной группы потребителей.

- базовый образец должен соответствовать цели оценки уровня качества продукции и быть по возможности единственным для этой вполне определенной цели оценки.

- перечень показателей качества оцениваемого и базового образцов должен быть одинаковым и соответствовать номенклатуре, официально установленной системой показателей качества продукции данного вида.

- единицы измерения значений показателей качества базового образца и оцениваемой продукции должны быть сопоставимы, т.е. одинаковыми для каждого из соответствующих показателей.

- срок действия установленного базового образца определяется в зависимости от специфики вида продукции, спроса на данную продукцию.

### 4. Понятие «виртуальный эталон»

Для обеспечения единства оценивания качества продукции в процедуре формализации используется понятие виртуального эталона.

Формализация – это представление и изучение какой-либо области знаний в виде относительных форм, совокупности относительных величин или их систем.

Если не соблюдать требования единства оценивания, в котором формализация является частью, то практически невозможно получить

достоверные результаты оценивания по нескольким экземплярам продукции разных производителей.

Помимо подобного выбора эталона в процедуре формализации могут возникнуть и другие ситуации:

1) у выбранного за эталон образца продукции отсутствует ряд величин информации;

2) у выбранного за эталон образца продукции отсутствует ряд величин информации, которых нет у сравниваемого образца;

3) у выбранного за эталон образца продукции ряд величин информации отсутствуют, а ряд величин присутствуют по отношению к оцениваемому образцу.

В подобных ситуациях для обеспечения единства оценивания целесообразно использовать модель виртуального образца продукции или виртуального эталона.

Виртуальный эталон (образец) – это воссозданный в воображении по четким правилам образец продукции обладающий самым представительным набором предельно возможных оптимальных значений элементов информации, отвечающих реальным физическим явлениям (процессам), характерным для этих элементов информации, оформленный в виде документа и существующий без изменения в течение достаточного периода времени.

Виртуальный эталон должен отвечать определенным требованиям:

1) ограничивать преднамеренность при формировании набора исходной информации о качестве конкретного образца продукции;

2) ограничивать преднамеренность в процедуре ранжирования величин информации о качестве продукции;

3) исключать неопределенность ситуации в процессе оценивания качества нескольких образцов продукции, у которых в исходных наборах информации о качестве отсутствуют или присутствуют какие-либо величины информации об их качестве;

4) обеспечивать вычисление сопоставимых оценок качества нескольких образцов продукции;

5) соответствовать требованиям и нормам «Системы показателей качества промышленной продукции»;

6) отвечать требованиям перспективности данного вида продукции;

7) содержать набор информации, обеспечивающий существование виртуального эталона, близкий к реальному;

8) содействовать развитию системы (систем) оценивания качества конкретной продукции;

9) содействовать участникам рынка в получении объективной информации о продукции;

10) отвечать потребностям коммерческого оценивания качества продукции;

11) отвечать потребностям сертификации продукции, систем качества, управлению качеством продукции и другим формам применения результатов оценивания для практического применения;

12) отвечать потребностям разных методов исследования качества продукции.

Для обеспечения перечисленных требований виртуальный эталон следует с соблюдением ряда принципов:

1) наследственности величин информации эталона от существующих экземпляров продукции;

2) достаточности и перспективности набора информации для целей оценивания качества продукции;

3) недопустимости исключений из правил в процедурах формирования и применения виртуального эталона;

4) недопустимости весьма существенной разницы в величинах статистических элементов информации продукции и эталона;

5) оперативности изменения и уточнения выделенного набора элементов информации;

6) возможности учета законов физических явлений или процессов для каждой конкретной величины информации или комбинации элементов информации;

7) достаточности периода существования виртуального эталона для целей оценивания качества продукции;

8) адекватность реально существующей продукции;

9) возможности представлять натуральную информацию только основными и дополнительными единицами Международной системы физических величин;

10) возможности определения составляющей погрешности формирования набора информации для продукции и эталона и их доли в общей погрешности оценивания.

Последовательность процедур формирования набора информации для виртуального эталона устанавливается с учетом особенностей каждого вида продукции, каждой величины, информации продукции и принятой модели процесса оценивания ее качества.

#### 4. Методика выполнения и оформления работы

4.1. Выбрать объект исследования.

4.2. Установить цель оценки уровня качества продукции.

4.3. Сформировать группу аналогов.

4.4. Выбрать базовый образец с использованием расчетно-экспериментального и (или) аналогового метода.

### Вопросы для самоподготовки

1. Что такое базовый образец?
2. Что такое аналоговая группа продукции?
3. Порядок установления базового образца.
4. Какие типы базовых образцов Вы знаете?
5. Что такое классификационный показатель качества?
6. Что такое виртуальный эталон?
7. Требования предъявляемые к виртуальному эталону.

## Практическое занятие № 4

# МЕТОДЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ АБСОЛЮТНЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА ИЗУЧАЕМОГО ОБЪЕКТА

**Цель занятия:** изучить методы определения абсолютных показателей качества продукции.

### 1. Основные сведения

Каждая продукция обладает своей номенклатурой показателей, которая зависит от назначения продукции, условий её производства и эксплуатации и многих других факторов. Показатель качества может выражаться в различных физических единицах измерения, условных единицах измерения, а также быть безразмерным. В виде технических требований показатели входят в состав технического задания на разрабатываемую продукцию и технических условий.

**Абсолютный показатель качества  $P_j$**  – отдельное свойство объекта, измеренное в определенных единицах измерения.

Для оценки абсолютных показателей качества могут быть использованы следующие методы:

1) Измерительный метод заключается в определении значений показателей качества с помощью технических средств измерений. С помощью измерительного метода определяются следующие значения: масса изделия, частота вращения двигателя, размер изделия, скорость автомобиля, сила тока и др.

2) Регистрационный метод заключается в наблюдении и подсчете числа определенных событий. Например, регистрация : количества отказов изделия при испытаниях; затрат на создание и эксплуатацию изделия; числа частей сложного изделия, защищенных авторскими правами и патентами и др.

3) Расчетный метод – вычисление производных на основе установленных показателей качества продукции. Расчетный метод служит для определения значений массы изделия, показателей производительности, мощности, прочности и др.

4) Органолептический метод заключается в определении показателей качества продукции на основе анализа восприятия органов чувств. Этот способ наиболее широко применяется при оценке качества предметов потребления, в том числе продуктов питания, а также их эргономичности, экологичности, эстетичности).

5) Экспертный метод оценки показателей качества продукции реализуется группой специалистов-экспертов, например дизайнеров, дегустаторов, товароведов и т.п. С помощью экспертного метода определяются значения таких показателей качества, которые не могут быть определены более объективными методами. Этот метод используется при определении значений некоторых эргономических и эстетических показателей.

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

Определение значений показателей качества продукции осуществляется должностными лицами в специализированных экспериментальных или расчетных учреждениях.

**Пример.** Рассмотрим пример определения абсолютных показателей качества для сливочного масла (табл. 4.1).

## 2.Методика выполнения и оформления работы

2.1. Выбрать объект исследования.

2.2 Проанализировать нормативный документ на выбранный объект исследования.

2.3 Определить абсолютные показателя качества рассматриваемого объекта.

### Вопросы для самоподготовки

1. Что такое показатель качества объекта (продукции) ?
2. Какие виды показателей качества вам известны?
3. Какие методы используются для оценки абсолютных показателей качества?
4. Как определить показатель качества?
5. Что такое абсолютный показатель качества?



Таблица 4.1

## Основные показатели качества сливочного масла

Наименование показателей качества	Тип показателей	Нормированные требования	Методы измерений
1	2	3	4
Массовая доля жира (%)	Физико-химические показатели	Не менее 72,5	Расчетный метод (метод основан на выделении жира из молока под действием концентрированной серной кислоты и изоамилового спирта с последующим центрифугированием и измерением объема выделившегося жира в градуированной части жиромера, массовую долю жира в масле находят расчетным путем по установленной зависимости в соответствии с ГОСТ)
Массовая доля влаги (%)	Физико-химические показатели	Не более 25,0	Измерительный метод (для определения массовой доли влаги применяют метод высушивания навески при постоянной температуре, после проведения испытаний по соответствующей формуле определяют массовую долю влаги в масле)
Кислотность жировой фазы (°К)	Физико-химические показатели	Не более 4,0	Расчетный метод (в стакан отвешивают небольшое количество масла, слегка расплавляют на водяной бане и растворяют в смеси этилового спирта и эфира, хорошо перемешивают содержимое стакана и добавляют фенолфталеин и титруют при тщательном помешивании раствором щелочи до устойчивого слабо-розового окрашивания, кислотность определяют по установленной зависимости в соответствии с ГОСТ)
Титруемая кислотность плазмы (°Т)	Физико-химические показатели	Не более 26,0	Расчетный метод (в стакан отвешивают небольшое количество масла, расплавляют на водяной бане до получения эмульсии, эмульсия должна отстояться, верхний слой жира осторожно сливают, а плазму переносят в жиромер и центрифугируют, далее жиромер опускаем в стакан с холодной водой, обезжиренную плазму переливаем в стакан добавляем дистиллированную воду и фенолфталеин и титруем раствором гидроксида натрия до устойчивого слабо-розового окрашивания, кислотность определяют по установленной зависимости в соответствии с ГОСТ)

Продолжение табл. 4.1

1	2	3	4
<p>Органолептические показатели (Вкус и запах, консистенция и внешний вид, цвет) (Оценка в баллах)</p>	<p>Органолептические показатели</p>	<p>20</p>	<p>Органолептический метод (оценку запаха и вкуса, цвета и консистенции масла проводят эксперты, которые субъективно оценивают отдельные качественные показатели. Затем оценки отдельных экспертов обрабатывают, а полученные усредненные данные принимают как характеристику продукта, которые в последствии сравнивают результатом оценки масла без пороков)</p>
<p>Термоустойчивость (Кг)</p>	<p>Физико-химические показатели</p>	<p>От 0,7 до 1,0</p>	<p>Измерительный метод (метод заключается в следующем: отвешивают небольшое количество масла, затем с помощью пробоотборника вырезают цилиндрики высотой и диаметром по 20 мм и осторожно размещают их на стеклянной пластинке, пластинку с пробами помещают в термостат с заранее отрегулированной температурой (30 °С) и выдерживают 2 ч. По окончании выдержки пластинки с пробами осторожно извлекают из термостата, помещают на миллиметровую бумагу и измеряют диаметр основания каждого цилиндрика масла, если основание пробы имеет эллиптическую форму, то измеряют максимальный и минимальный диаметры и вычисляют среднее значение, затем по формуле определяют термоустойчивость)</p>
<p>Количество мезофильных аэробных и факультативно-анаэробных микроорганизмов (КМАФАнМ) (КОЕ/г)</p>	<p>Микробиологические показатели</p>	<p>Не более <math>1 \cdot 10^5</math></p>	<p>Расчетный метод (метод основан на подсчете колоний мезофильных аэробных и факультативно-анаэробных микроорганизмов, из каждой пробы делают подсев продукта на 2-3 чашки Петри, перевертывают вверх дном и ставят в термостат, количество выросших колоний отмечают и окончательное количество бактерий определяют по установленным зависимостям в соответствии с ГОСТ)</p>

Окончание табл. 4.1

1	2	3	4
Бактерии группы кишечной палочки (БГКП) (количественные) (КОЕ/г)	Микробиологические показатели	0,01	Измерительный метод (метод заключается в следующем: в 3 пробирки засевают продукт, в другие 3 пробирки продукт из разведения 1:10, посева инкубируют в термостате, из каждой забродившей пробирки производят посев на сектор среды Эндо и инкубируют, микроскопируют колонии группы кишечной палочки, производят учет результатов, обрабатывается результат)
Плесневые грибы и дрожжи (КОЕ/г)	Микробиологические показатели	Не более 100 в сумме	Расчетный метод (метод основан на подсеве продукта на 2-3 чашки Петри, после застывания сред чашки Петри перевертывают вверх дном и ставят в термостат, ч/з 3 сут. Проводят учет типичных колоний, а ч/з 5 сут. Окончательный учет за ростом дрожжей и плесневелых грибов, количество колоний дрожжей и плесневелых грибов подсчитывают отдельно и вычисляют по установленным зависимостям в соответствии с ГОСТ)
Срок годности (Сут.)	Показатель сохраняемости	От 30 до 120	Измерительный метод (метод заключается в следующем: сначала проводят микробиологические и физико-химические испытания, изучают показатели окислительной порчи жирового компонента исследуемого продукта, затем помещают продукт в количестве 10-20 г в химический стакан и охлаждают до температуры 10-15°C, добавляют изопропилового спирта, тщательно перемешивают и фильтруют, затем вычисляют по зависимости)

## Практическое занятие № 5

# ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТОВ ВЕСОМОСТИ СВОЙСТВ ОБЪЕКТА

**Цель занятия:** изучить методы определения коэффициентов весомости показателей качества продукции.

### 1. Основные сведения

Параметры весомости показателей качества играют важную роль в оценке и оказывают существенное влияние на конечный результат расчета. Среди основных методов определения параметров весомости необходимо отметить следующие:

1) Стоимостный метод, в основе которого лежит предпосылка, что весомость свойства является монотонно возрастающей функцией от аргумента выражающего денежные или трудовые затраты, необходимые для обеспечения существенного  $i$ -го свойства.

2) Экспертный метод, основанный на усреднении оценок весомости которые, которые дает группа экспертов. Данный метод используется в большинстве методик оценки качества.

3) Вероятностный метод, в основе которого лежит принцип– весомость тем выше, чем больше степень приближения к эталону.

4) Смешанный метод заключается в комбинировании весомости, полученных с использованием различных принципов стоимостного и вероятностного, экспертного и вероятностного, стоимостного и экспертного.

Каждый из методов обладает своими особенностями, достоинствами и недостатками. Для условий рынка (когда требуется оценка на базе множества показателей для определенного периода, конкретного сегмента и т.п.) наиболее предпочтительным методом для решения задач по оценке качества является экспертный метод.

В основу данного метода входят следующие основные этапы:

- формирование группы специалистов-экспертов;
- подготовка опроса экспертов;
- осуществление опроса экспертов;
- обработка результатов.

Общими требованиями, которые предъявляются к специалистам, привлекаемым в качестве экспертов, принято считать их достаточную профессиональную квалификацию и информированность по обсуждаемому вопросу, деловитость и объективность. Важным условием, которому должен отвечать эксперт, является отсутствие заинтересованности в конкретном результате экспертизы. Число экспертов зависит от требуемой

точности оценок, допустимой трудоемкости оценочных процедур, а также возможностей организации работы группы экспертов.

## 2. Экспертные методы определения коэффициентов весомости

### 2.1. Метод 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:

$$M_j = \frac{\sum_{i=1}^n M_{ij}}{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m M_{ij}}, \quad (5.1)$$

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. 5.1.

Т а б л и ц а 5 . 1

Матрица рангов

Номер объекта	Номера экспертов				

За меру согласованности экспертов при этом принимается коэффициент конкордации  $\omega$ :

$$\omega = \frac{12s}{n^2(m^3 - m) - n \sum_1^n T_j}, \quad (5.2)$$

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

$n$  – число экспертов;

$m$  – число объектов;

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

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

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

$$\chi^2 = \omega \cdot m(n-1). \quad (5.3)$$

Если  $\chi^2 > \chi_{\text{табл}}^2$ , то показатель  $\omega$  значим с установленной вероятностью. Значения  $\chi_{\text{табл}}^2$  приведены в табл. 5.2.

Т а б л и ц а 5.2

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

Доверительная вероятность $P$	Значения $\chi_{\text{табл}}^2$ при различных значениях $n-1$										
	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 1.** Произведем оценку коэффициентов весомости свойств объекта – щипцов. Оценка коэффициентов весомости проводим с помощью анкеты, содержащей критерии, которые влияют на удовлетворенность потребителей при покупке щипцов для выпрямления волос. Для этого введем следующие обозначения:

$X_1$  – Регулятор температурного режима;

$X_2$  – Наличие насадок;

$X_3$  – Размер пластин;

$X_4$  – Цена;

$X_5$  – Функция завивки;

$X_6$  – Керамическое покрытие.

Матрица рангов, полученная из анкет, приведена в табл. 5.3

Т а б л и ц а 5.3

Матрица рангов

Исследователи	Факторы ( $n=6$ )					
	$X_1$	$X_2$	$X_3$	$X_4$	$X_5$	$X_6$
1	1	5	3	6	4	2
2	1	2	4	6	5	3
3	3	5	4	6	2	1
4	1	6	4	5	2	3
5	2	5	1	6	3	4
$\sum_1^m a_{ij}$	8	23	16	29	16	13
$\Delta i$	-9,5	5,5	-1,5	11,5	-1,5	-4,5
$(\Delta i)^2$	90,25	30,25	2,25	132,25	2,25	20,25

Рассчитываем коэффициент конкордации по формуле

$$W = \frac{12 \times 277,5}{25 \times (216 - 6)} = 0,63.$$

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

Построим среднюю диаграмму рангов для рассматриваемых критериев, представленную на рис. 5.1.

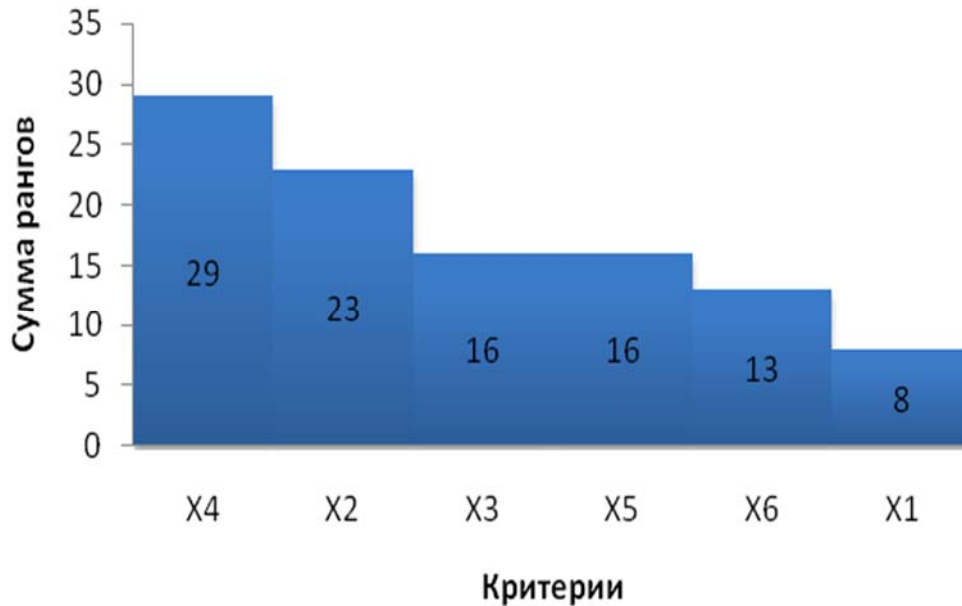


Рис. 5.1. Диаграмма распределения коэффициентов весомости

Из диаграммы видно, что распределение – равномерное, убывание – монотонное. Наибольшее влияние среди рассматриваемых критериев занимают критерии X<sub>4</sub> (цена) и X<sub>2</sub> (наличие насадок). Наименьшее влияние среди критериев занимает критерий X<sub>1</sub> (регулятор температурного режима).

Таким образом, получены следующие значения коэффициентов весомости свойств:

$$M_1 = \frac{8}{105} = 0,07; M_2 = \frac{23}{105} = 0,22; M_3 = \frac{16}{105} = 0,15; M_4 = \frac{29}{105} = 0,28;$$

$$M_5 = \frac{13}{105} = 0,13; M_6 = \frac{16}{105} = 0,15$$

$$\sum_{i=1}^6 M_j = 1.$$

### 3. Способ попарного сопоставления

Попарное сопоставление самое простое и наиболее оправданное с технологической точки зрения. Предпочтение при этом выражается указанием номера предпочтительного объекта.

При этом способе эксперт получает таблицу (табл. 5.4), 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 5 . 4

Объекты экспертизы

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

$$M_j = \sum_{i=1}^n \frac{F_{ij}}{n}, \quad (5.4)$$

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

$$F_{ij} = \frac{N_{ij}}{C}, \quad (5.5)$$

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:

$$C = m(m-1)/2. \quad (5.6)$$

**Пример 2.** Мнения экспертов о свойствах объекта выражены следующим образом (табл. 5.5, 5.6, 5.7). Определить весомость каждого свойства объекта экспертизы.

Т а б л и ц а 5 . 5

Мнение 1 эксперта

№ свойства	1	2	3	4	5	6
1	X	2	1	4	5	1
2	-	X	2	2	2	2
3	-	-	X	4	5	3
4	-	-	-	X	4	4
5	-	-	-	-	X	5
6	-	-	-	-	-	X



Таблица 5.6

Мнение 2 эксперта

№ свойства	1	2	3	4	5	6
1	X	1	3	4	5	6
2	-	X	2	4	2	6
3	-	-	X	4	5	6
4	-	-	-	X	4	6
5	-	-	-	-	X	6
6	-	-	-	-	-	X

Таблица 5.7

Мнение 3 эксперта

№ свойства	1	2	3	4	5	6
1	X	2	3	4	1	6
2	-	X	3	4	2	6
3	-	-	X	4	3	6
4	-	-	-	X	4	6
5	-	-	-	-	X	6
6	-	-	-	-	-	X

1) Необходимо рассчитать общее число суждений каждого эксперта:

$$C = \frac{m \cdot (m-1)}{2} = \frac{6 \cdot (6-1)}{2} = 15.$$

2) Определить число предпочтений:

$N_{11}=2$	$N_{21}=1$	$N_{31}=1$
$N_{12}=5$	$N_{22}=2$	$N_{32}=2$
$N_{13}=1$	$N_{23}=1$	$N_{33}=3$
$N_{14}=4$	$N_{24}=4$	$N_{34}=4$
$N_{15}=3$	$N_{25}=2$	$N_{35}=0$
$N_{16}=0$	$N_{26}=5$	$N_{36}=5$

3) Определить частоту предпочтения  $i$ -м экспертом  $j$ -го объекта экспертизы

$F_{11}=2/15$	$F_{21}=1/15$	$F_{31}=1/15$
$F_{12}=5/15$	$F_{22}=2/15$	$F_{32}=2/15$
$F_{13}=1/15$	$F_{23}=1/15$	$F_{33}=3/15$
$F_{14}=4/15$	$F_{24}=4/15$	$F_{34}=4/15$
$F_{15}=3/15$	$F_{25}=2/15$	$F_{35}=0/15$
$F_{16}=0/15$	$F_{26}=5/15$	$F_{36}=5/15$

4) Необходимо определить значения коэффициентов весомости:

$$M_1 = \frac{1}{3} \cdot \left( \frac{2}{15} + \frac{1}{15} + \frac{1}{15} \right) = \frac{4}{45}; \quad M_2 = \frac{1}{3} \cdot \left( \frac{5}{15} + \frac{2}{15} + \frac{2}{15} \right) = \frac{9}{45};$$

$$M_3 = \frac{1}{3} \cdot \left( \frac{1}{15} + \frac{1}{15} + \frac{3}{15} \right) = \frac{5}{45}; \quad M_4 = \frac{1}{3} \cdot \left( \frac{4}{15} + \frac{4}{15} + \frac{4}{15} \right) = \frac{12}{45};$$

$$M_5 = \frac{1}{3} \cdot \left( \frac{3}{15} + \frac{2}{15} + \frac{0}{15} \right) = \frac{5}{45}; \quad M_6 = \frac{1}{3} \cdot \left( \frac{0}{15} + \frac{5}{15} + \frac{5}{15} \right) = \frac{10}{45};$$

$$\sum_{i=1}^6 M_i = \frac{4}{45} + \frac{9}{45} + \frac{5}{45} + \frac{12}{45} + \frac{5}{45} + \frac{10}{45} = \frac{45}{45} = 1.$$

5) Составить обобщенный ранжированный ряд свойств:

$$M_4 < M_6 < M_2 < M_3 < M_5 < M_1.$$

#### 4. Метод разности медиан

Применение метода разности медиан рекомендуется для группы экспертов, имеющих недостаточную квалификацию или информированность в области изучения свойств рассматриваемой 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 единиц показателей качества 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 «-». 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

$$M_i = \frac{\Delta a_i}{\sum_{i=1}^n \Delta a_i}, \quad (5.7)$$

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

$n$  – число единичных показателей качества.

**Пример 3.** Определить весомость показателей качества костюмной льнолавсановой ткани применения методом разности медиан. В табл. 5.8 приведены экспертные оценки по пятибалльной шкале и фактические значения показателей качества восьми вариантов костюмных тканей.

Т а б л и ц а 5 . 8

Результаты оценки пяти вариантов костюмных тканей

Номер объекта	Экспертная оценка качества $b_i$ , баллы	Показатели качества					
		X <sub>1</sub>	X <sub>2</sub>	X <sub>3</sub>	X <sub>4</sub>	X <sub>5</sub>	X <sub>6</sub>
1	5,00	5,2	1,5	74	8	30	4
2	4,50	5,0	1,6	75	5	20	3
3	4,00	5,3	4,0	75	6	22	5
4	3,50	4,5	1,5	80	3	15	3
5	3,00	4,8	1,7	66	5	22	5
6	2,50	5,1	5,2	65	4	10	4
7	2,00	4,9	4,5	60	6	18	5
8	1,00	3,8	4,0	65	2	14	3
Среднее		4,825	3,0	70,0	4,875	19,25	3,25
Кодированная матрица показателей							
1	5,00	+	+	+	-	-	+
2	4,50	+	+	+	-	-	+
3	4,00	+	-	+	-	-	+
4	3,50	-	+	+	+	+	-
5	3,00	-	+	-	-	-	-
6	2,50	+	-	-	+	+	+
7	2,00	+	-	-	-	+	+
8	1,00	-	-	-	+	+	-
$(a_i)^+$	-	4,0	4,00	4,25	2,50	2,25	3,25
$(a_i)^-$	-	3,0	2,25	2,25	4,00	4,25	3,25
$\Delta a_i = / (a_i)^+ (a_i)^- /$	-	1,0	1,75	2,00	1,50	2,00	0,00
$M_i$	-	0,122	0,212	0,242	0,182	0,242	0,00
$M_{io}$	-	-			-		-

**Примечание.** Обозначения  $x_i$  соответствуют следующим единичным показателям:

- X<sub>1</sub> – стойкость ткани к истиранию, тыс. циклов;
- X<sub>2</sub> – изменение линейных размеров после замачивания, %;
- X<sub>3</sub> – коэффициент несминаемости, %;
- X<sub>4</sub> – пиллингуемость, пиллей/см<sup>2</sup>;
- X<sub>5</sub> – коэффициент повреждаемости ткани от прокола, %;
- X<sub>6</sub> – устойчивость окраски, баллы.

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. 5.2) и найдены значения медиан на уровнях «+»  $(a_i)^+$  и «-»  $(a_i)^-$ . Затем по формуле (5.7) рассчитаны коэффициенты весомости единичных показателей качества.

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

Таковыми показателями оказались усадка после замачивания, коэффициент несминаемости, пиллингуемость, коэффициент повреждаемости ткани от прокола иглой.

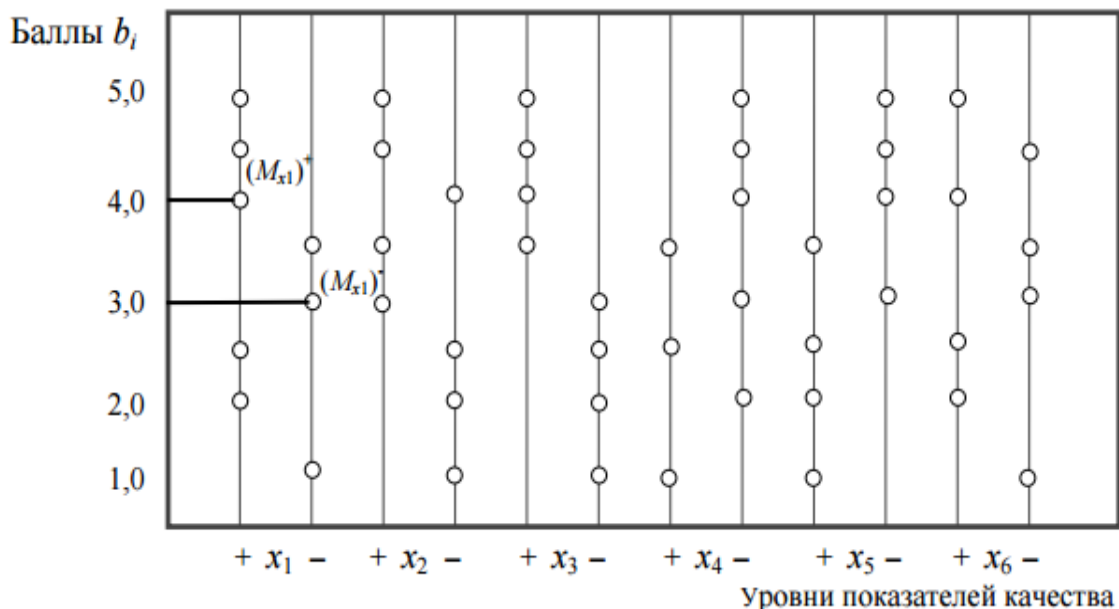


Рис. 5.2. Точечная диаграмма рассеивания показателей качества костюмных тканей

## 5. Методика выполнения и оформления работы

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

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

5.3. Рассчитать коэффициент конкордации  $W$ .

5.4. Проанализировать величину  $W$ .

5.5. Вычислить коэффициенты весомости показателей качества  $M_i$  и выявить существенно значимые единицы показателей качества.

### Вопросы для самоподготовки

1. Что такое весомость свойств качества объекта ?
2. Перечислите основные методы определения параметров весомости.
3. В чем сущность экспертного метода определения коэффициентов весомости ?
4. В чем заключается сущность метода ранжирования ?
5. Сущность методики попарного сопоставления ?
6. В каких случаях применяется метод разности медиан ? В чем заключается данный метод ?

# Практическое занятие № 6

## МЕТОДЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ УРОВНЯ КАЧЕСТВА

### ОБЪЕКТОВ: ОЦЕНКА УРОВНЯ КАЧЕСТВА ОДНОРОДНЫХ И РАЗНОРОДНЫХ ИЗДЕЛИЙ

**Цель занятия:** изучить методы оценки уровня качества однородной и разнородной продукции.

#### 1. Основные сведения

Достаточно часто качество продукции оценивают по одному, но главному показателю, характеризующему ее полезность. Однако один показатель дает ограниченную характеристику, продукции, которая обычно обладает большим количеством свойств, составляющих качество. Поэтому практически для любой продукции необходимо производить оценку качества по нескольким ее полезным свойствам. С этой целью используют методы **оценки уровня качества однородных и разнородных изделий.**

Под однородными понимают изделия одного вида, одного класса и назначения. При оценке уровня однородных изделий следует использовать дифференциальный, комплексный или смешанный, а также интегральный методы.

Под разнородной продукцией, общий уровень качества которой необходимо определить, понимают совокупность изделий, предназначенных для достижения определенной (единой) производственной цели.

Для оценки уровня качества разнородных изделий обычно применяют метод, основанный на индексации качества, а также метод экспертных оценок качества.

#### 2. Дифференциальный метод

Дифференциальный метод оценки уровня качества изделий основан на сопоставлении единичных показателей качества рассматриваемых изделий с соответствующими показателями базового образца. При данном методе оценки уровня качества продукции количественно оцениваются отдельные свойства изделия и это позволяет принимать конкретные решения по управлению качеством данной продукции. Отдельные относительные показатели уровня качества оцениваемой продукции рассчитывают по следующим формулам:

– при отсутствии ограничений в значениях единичных показателей

$$y_{ki} = \frac{P_i}{P_{i\text{баз}}} \quad (6.1) \quad \text{– для случая, когда увеличению абсолютного значения показателя качества соответствует улучшение качества изделий}$$

$$Y_{ki} = \frac{P_{i\text{баз}}}{P_i} \quad (6.2) \text{ – для случая, когда увеличению абсолютного значения показателя качества характеризует ухудшение качества изделий}$$

где  $P_i$  – значение  $i$ -го показателя качества оцениваемой продукции;  $i=1, 2, \dots, n$ ;

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

$n$  – количество принятых для оценки показателей качества.

– при наличии ограничений в значениях единичных показателей

$$Y_{ki} = \frac{P_i - P_{\text{при}i}}{P_{i\text{баз}} - P_{\text{при}i}}, \quad (6.3)$$

где  $P_{\text{при}i}$  – предельное значение  $i$ -го параметра качества.

По результатам расчетов относительных значений показателей качества изделий и их анализа дают следующие оценки:

– уровень качества оцениваемой продукции выше или равен уровню базового образца, если все значения относительных показателей соответственно больше или равны единице;

– уровень качества оцениваемой продукции ниже уровня базового образца, если все значения относительных показателей меньше единицы.

Когда часть относительных показателей больше или равна единице, а другая часть меньше единицы, необходимо использовать в первую очередь, следующую методику оценки уровня качества изделий. Необходимо все относительные показатели разделить по значимости на две группы. В первую группу включают показатели, характеризующие наиболее существенные свойства, а во вторую – второстепенные. Если в первой группе все относительные показатели больше или равны единице, то можно принять, что уровень качества оцениваемого изделия не ниже уровня качества базового образца. Для более информативной оценки уровня качества изделий строят диаграмму сопоставления показателей качества (циклограмму).

Приближенное значение итогового показателя уровня качества продукции  $Y_{к.п.}$  находят как среднеарифметическое значение всех основных показателей  $Y_{ki}$ .

**Пример.** Рассмотрим пример расчета уровня качества бумаги рисовальной (табл.6.1, 6.2).

Т а б л и ц а 6 . 1

Показатели качества и их значения для оцениваемого и базового образцов

Показатели качества	Оцениваемый образец (ОАО «Маяк»)	Базовый образец (ГОСТ 7277-77)	Относительные значения
Масса, г/м <sup>2</sup>	158,72	153	1,04
Плотность, г/см <sup>3</sup>	0,69	0,60	1,15
Сопротивление продавливанию, кПа	154,32	150	1,03
Влажность, %	4,37	4	1,09
Белизна, %	85,72	83	1,03

Таблица 6.2

Результаты сравнительного анализа показателей качества бумаги  
рисовальной ОАО «Маяк» с показателями качества  
продукции-конкурента ОАО «Кондопога»

Показатели качества	Оцениваемый образец (ОАО «Маяк»)	Базовый образец (ОАО «Кондопога»)	Относительные значения
Масса, г/м <sup>2</sup>	158,72	159	0,998
Плотность, г/см <sup>3</sup>	0,69	0,69	1,0
Сопротивление продавливанию, кПа	154,32	156	0,989
Влажность, %	4,37	4,5	0,971
Белизна, %	85,72	84	1,02

Циклограмма, сравнивающая значения показателей бумаги с ОАО «Маяк» со значениями показателей, представленных в ГОСТ 7277-77, представлена на рис. 6.1.

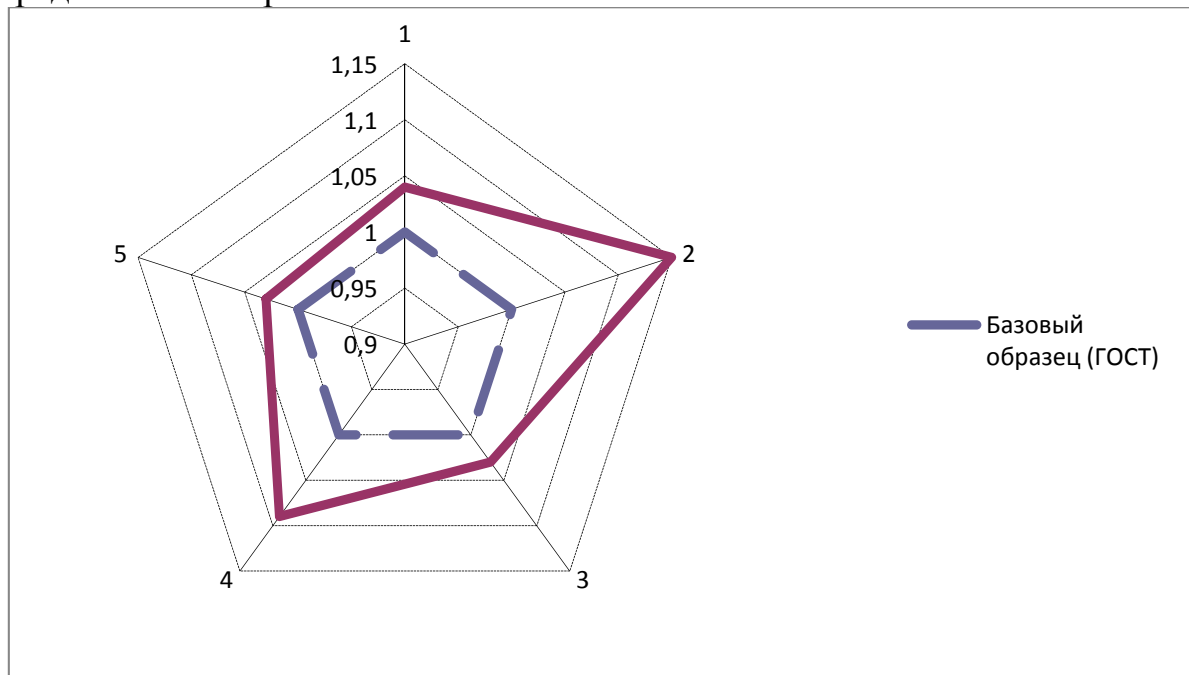


Рис. 6.1. Циклограмма сравнения оцениваемой продукции с требованиями нормативной документации

Циклограмма сравнения значения показателей бумаги ОАО «Маяк» со значениями показателей продукции-конкурента ОАО «Кондопога», представлена на рис. 6.2.

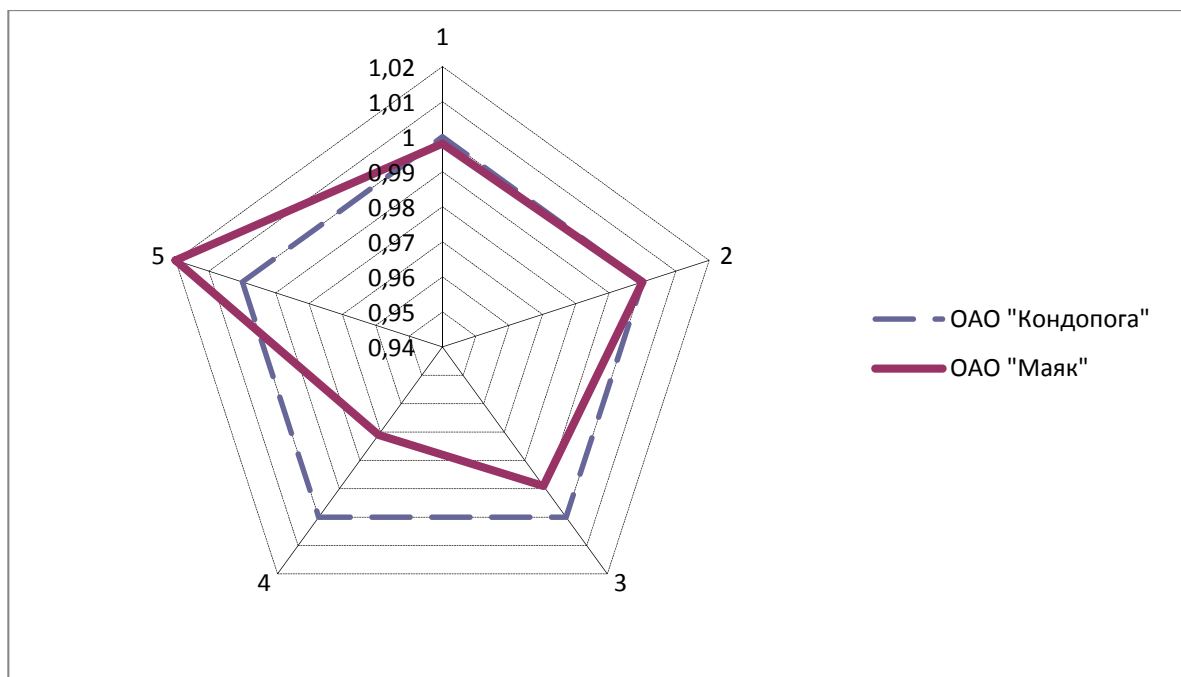


Рис. 6.2. Циклограмма сравнения бумаги рисовальной ОАО «Маяк» с продукцией-конкурентом

По результатам расчетов относительных значений показателей качества изделий и их анализа можно дать следующие оценки:

- рассматриваемая продукция удовлетворяет требованиям нормативной документации, так как все значения относительных показателей больше единицы;
- уровень качества бумаги рисовальной ОАО «Маяк» несколько уступает уровню базового образца – продукции-конкурента ОАО «Кондопога», так как большая часть относительных показателей меньше единицы.

### 3. Метод комплексной оценки уровня качества продукции

Комплексная оценка уровня качества предусматривает использование обобщенного показателя качества. Этот метод применяют в тех случаях, когда наиболее целесообразно оценивать уровень качества сложных изделий только одним числом.

Обобщенный показатель представляет собой функцию, зависящую от единичных показателей, которые характеризуют однородную группу свойств. К таким группам показателей относятся, например, показатели надежности, безопасности и т.п.

Обобщенным показателем качества может быть:

- главный, наиболее значимый единичный показатель, отражающий основное назначение изделия;
- средний взвешенный комплексный показатель;
- интегральный показатель качества.



Обобщенный (комплексный) показатель качества должен отвечать нескольким требованиям:

1. **Репрезентативность** – представленность в нем всех основных характеристик изделия, по которым оценивается его качество.

2. **Монотонность** изменения комплексного показателя качества изделия при изменении любого из единичных показателей качества при фиксированных значениях остальных показателей.

3. **Чувствительность к варьируемым параметрам.** Это требование состоит в том, что комплексный показатель качества должен согласованно реагировать на изменение каждого из единичных показателей. Комплексный показатель является функцией оценок всех единичных показателей, а его чувствительность определяется первой производной этой функции. Значение комплексного показателя должно быть особенно чувствительно в тех случаях, когда какой-либо единичный показатель выходит за допустимые пределы. При этом комплексный показатель качества должен значительно уменьшить свое численное значение.

4. **Нормированность** – численное значение комплексного показателя заключенного между наибольшим и наименьшим значениями относительных показателей качества. Это требование нормировочного характера предопределяет размах шкалы измерений комплексного показателя.

5. **Сопоставимость** результатов комплексной оценки качества обеспечивается одинаковостью методов их расчетов, в которых единичные показатели должны быть выражены в безразмерных величинах.

Для определения комплексных показателей качества продукции можно использовать следующие функции:

1. Выборочную арифметическую:

$$Q_A = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n K_i. \quad (6.4)$$

2. Выборочную геометрическую

$$Q_G = \sqrt[n]{\prod_{i=1}^n K_i}. \quad (6.5)$$

3. Выборочную гармоническую

$$Q_H = \frac{n}{\sum_{i=1}^n \frac{1}{K_i}}. \quad (6.6)$$

4. Выборочную арифметическую кумулятивную

$$Q_{KA} = \frac{G_{n-2} + K_n}{2}; \quad (6.7)$$

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

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

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

5. Выборочную геометрическую величину

$$Q_{KC} = \sqrt{G_{n-2} \cdot K_n}; \quad (6.8)$$

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

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

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

6. Выборочную гармоническую кумулятивную

$$Q_{KG} = \frac{2}{\frac{1}{G_{n-2}} + \frac{1}{K_n}}; \quad (6.9)$$

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

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

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

7. Выборочную арифметическую взвешенную

$$Q_{BA} = \sum_{i=1}^n M_i K_i. \quad (6.10)$$

8. Выборочную геометрическую взвешенную

$$Q_{BC} = \prod_{i=1}^n K_i^{M_i}. \quad (6.11)$$

9. Выборочную гармоническую взвешенную

$$Q_{BG} = \frac{1}{\sum_{i=1}^n \frac{M_i}{K_i}}. \quad (6.12)$$

10. Выборочную кумулятивную арифметическую взвешенную

$$Q_{\text{КВА}} = \alpha G_{n-2} + \beta K_n; \quad (6.13)$$

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

$$G_2 = \alpha K_1 + \beta K_3;$$

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

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

11. Выборочную кумулятивную геометрическую взвешенную

$$Q_{\text{КВС}} = G_{n-2}^\alpha \cdot K_n^\beta; \quad (6.14)$$

$$G_1 = K_1^\alpha \cdot K_2^\beta;$$

$$G_2 = G_1^\alpha \cdot K_3^\beta;$$

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

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

12. Выборочную кумулятивную гармоническую взвешенную

$$Q_{\text{КВГ}} = \frac{1}{\frac{\alpha}{G_{n-2}} + \frac{\beta}{K_n}}; \quad (6.15)$$

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

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

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

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

13. Выборочную обобщенную арифметическую

$$Q_{\text{ОА}} = \frac{\sum_{i=1}^n K_i^2}{\sum_{i=1}^n K_i}. \quad (6.16)$$

**Пример 1.** Оценка уровня качества продукции с использованием комплексного метода.

Определить обобщенный показатель качества хлеба белого ОАО «Пензенский хлебозавод №2». Статистические данные, необходимые для расчета были получены в лаборатории предприятия. Исходные данные для расчета обобщенного показателя качества представлены в табл. 6.3.

Т а б л и ц а 6 . 3

Исходные данные для расчета

№ выборки	Пористость, %	Влажность, %	Кислотность, град
1	77	39	2,5
2	77	39	2,5
3	78	39	2,5
4	77	41	2,5
5	77	40	2,5
6	76	40	2,6
7	76	40	2,5
8	77	40	2,6
9	77	39	2,6
10	78	40	2,7
11	77	40	2,5
12	77	40	2,7
13	77	41	2,5
14	77	41	2,5
15	78	41	2,7
ГОСТ	не менее 74	не более 44	не более 3

#### Описание методики

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, 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:

$$k_n^{(1)} = \sum_{j=1}^m \beta_j \cdot k_j^{(2)}, \quad (6.16)$$

то обобщенный показатель качества вычисляется по формуле

$$K^{(0)} = \omega \sum_{j=1}^l \alpha_j \cdot k_j^{(1)}, \quad (6.17)$$

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 (6.16), рассчитываются по формуле (6.18):

$$k_j = \exp \left\{ -\exp [0,5 - 3,5R] \right\}, \quad (6.18)$$

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

– для откликов, ограниченных с одной стороны

$$R = \left\{ \begin{array}{l} (r - r_{\min}) / 2J_r, r \in [r_{\min}; r_{\max}]; \\ (r_{\max} - r) / 2J_r, r \in [r_{\min}; r_{\max}]; \\ 0, r < r_{\min} \\ 0, r > r_{\max} \end{array} \right\} \quad (6.19)$$

– для откликов, ограниченных с двух сторон

$$R = \left\{ \begin{array}{l} (r - r_{\min}) / J_r, r \in [r_{\min}; 0,5(r_{\max} + r_{\min})]; \\ (r_{\max} - r) / J_r, r \in [0,5(r_{\max} + r_{\min}); r_{\max}]; \\ 0, r < r_{\min} \\ 0, r > r_{\max} \end{array} \right\} \quad (6.20)$$

В соотношениях (6.19), (6.20)  $J_r = 0,5(r_{\max} - r_{\min})$  – интервал варьирования натуральных значений показателей качества.

На основе функции двойной экспоненты (6.18) наряду с количественной оценкой можно сформировать качественную шкалу желательности как для искомых свойств, так и для обобщенного показателя качества  $K^{(0)}$ :

Т а б л и ц а 6 . 4

Стандартные отметки на шкале желательности

Желательность	Отметки на шкале желательности
Очень хорошо	1,00-0,80
Хорошо	0,80-0,63
Удовлетворительно	0,63-0,37
Плохо	0,37-0,20
Очень плохо	0,20-0,00

*Результаты расчета*

Для выбора функции нормирования необходимо выяснить, какое значение каждого показателя является лучшим. В соответствии с требованиями стандарта на хлеб, для показателей пористость и влажность лучшими являются наибольшие значения, а для показателя кислотность – наименьшее. На следующем этапе работы необходимо определить отклики нормированных показателей свойств и обобщенный показатель качества. При расчете обобщенного показателя качества используются значения коэффициентов весомости, полученные в ходе построения дерева свойств.

Результаты расчета откликов нормированных показателей свойств и значений обобщенного показателя качества представлены в табл. 6.5.

Т а б л и ц а 6 . 5

Результаты расчета обобщенного показателя качества

Номер выборки	Пористость		Влажность		Кислотность		$K^0$
	$R_1^{(1)}$	$k_1^{(1)}$	$R_2^{(2)}$	$k_2^{(2)}$	$R_3^{(3)}$	$k_3^{(3)}$	
1	0,75	0,89	1	0,95	1	0,95	0,93
2	0,75	0,89	1	0,95	1	0,95	0,93
3	1	0,95	1	0,95	1	0,95	0,95
4	0,75	0,89	0,6	0,82	1	0,95	0,89
5	0,75	0,89	0,8	0,90	1	0,95	0,91
6	0,5	0,75	0,8	0,90	0,8	0,90	0,85
7	0,5	0,75	0,8	0,90	1	0,95	0,87
8	0,75	0,89	0,8	0,90	0,8	0,90	0,90
9	0,75	0,89	1	0,95	0,8	0,90	0,91
10	1	0,95	0,8	0,90	0,6	0,82	0,89
11	0,75	0,89	0,8	0,90	1	0,95	0,91
12	0,75	0,89	0,8	0,90	0,6	0,82	0,87
13	0,75	0,89	0,6	0,82	1	0,95	0,89
14	0,75	0,89	0,6	0,82	1	0,95	0,89
15	1	0,95	0,6	0,82	0,6	0,82	0,86

Из табл. 6.5 видно, что значения обобщенных показателей качества хлеба варьируются в диапазоне  $[0,85;0,95]$ , что соответствует лингвистическим оценкам «очень хорошо» и «отлично».

*Пример 2. Критериальный подход к оценке качества технологического процесса с использованием комплексного подхода.*

Одним из важнейших направлений деятельности предприятия является эффективное управление производственными процессами. Технологический процесс – основная часть производственного процесса, представляющая собой взаимосвязанные действия. Его оценивают в целях:

- последующего управления продукцией при производстве;
- недопущения непроизводительных затрат и потерь ресурсов от использования технологических процессов,
- получения сведений, необходимых для принятия управленческих решений по совершенствованию оцениваемых процессов

Чтобы осуществить оценку качества технологического процесса строительной продукции, необходимо установить перечень его основных характеристик свойств, составить наиболее полную номенклатуру показателей.

При оценке методики уровня качества технологического процесса были выбраны следующие критерии:

- оценка ТП по показателям стабильности качества изготовленной продукции  $K_{ст}$ ;
- оценка соответствия технологической документации установленным требованиям  $K_{тд}$ ;
- оценка ТП по соответствию назначению  $K_{н}$ ;
- оценка ТП по соответствию требованиям безопасности труда  $K_{т.б}$ ;
- оценка соответствия ТП экологическим требованиям охраны окружающей природной среды  $K_{окс}$ ;
- оценка ТП по показателям производительности  $K_{пр}$ .

Технологический процесс будет признан несоответствующим, если численное значение показателя качества  $Q_{тп}$  окажется меньше численного значения  $Q_{уст}$ :

$$Q_{тп} < Q_{уст}.$$

Групповые показатели технологического процесса и коэффициенты весомости оценивались экспертным методом с участием высококвалифицированных специалистов. Полученные результаты представлены в табл. 6.6.

Расчетные формулы для вычисления групповых показателей технологического процесса представлены в табл. 6.7.

Таблица 6.6

## Перечень комплексных аттестационных показателей технологического процесса

1	2	3	4	5	6	7
Наименование комплексного аттестационного показателя	Состав оцениваемых факторов (параметров, характеристик и т.п.)	Условное обозначение показателя	Возможное состояние оцениваемого объекта	Оценка, балл	Оценка ТП на ООО «Строительные материалы», балл	Коэффициент веса «сомности, М
Оценка ТП по показателям стабильности качества изготовленной продукции ( $K_{ст}$ )	Учет выявленных дефектов и брака продукции	$K_{ст}^1$	У крупный учет дефектов и брачный учет дефектов или его отсутствие	100	100	0,19
			Неудовлетворительный учет дефектов	0		
	Уровень дефектности при производстве продукции	$K_{ст}^2$	Фактическое значение равно нулю $U_{дф} = 0$	100	95	
			Уровень дефектности меньше его нормативного значения $U_{дп} < U_{дпн}$	95		
Оценка ТП по показателям стабильности качества изготовленной продукции ( $K_{ст}$ )	Уровень сдачи продукции ОТК	$K_{ст}^3$	Высокий уровень сдачи $K_{сп} = 100$	100	100	
			Низкий уровень сдачи $K_{сп} < 100$	0		
	Фактический уровень надежности продукции по назначению	$K_{ст}^4$	$U_{нпф} < U_{нпн}$	100	100	
			$U_{нпф} = U_{нпн}$	90		
			$U_{нпф} > U_{нпн}$	0		
	Уровень дефектности продукции за последние 6 месяцев $U_{д}$	$K_{ст}^5$	$U_{д} = 0$	100	90	
			$U_{д} < U_{дн}$	90		
			$U_{д} > U_{дн}$	0		
	Уровень бракованной продукции $U_{б}$	$K_{ст}^6$	$U_{б} = 0$	100	90	
			$U_{б} < U_{бн}$	90		
$U_{б} > U_{бн}$			0			



Продолжение табл. 6.6

1	2	3	4	5	6	7
Оценка соответствия технологической документации установленным требованиям (К <sub>ТД</sub> )	Соответствие продукции требованиям обязательных стандартов и другой действующей нормативной документации	K <sup>1</sup> <sub>ТД</sub>	Соответствие продукции подтверждено сертификатом соответствия, оформленного разработчиком	100	100	0,16
			При разработке использовалась некомплектная документация	0		
Оценка соответствия технологической документации установленным требованиям (К <sub>ТД</sub> )	Достоверность результатов контроля и испытаний	K <sup>2</sup> <sub>ТД</sub>	Выполнение требований НТД, проведение метрологического контроля	100	100	
			Нарушение требований НТД, отсутствие или отрицательное заключение по результатам метрологического контроля	0		
	Точность и стабильность ТП по всей совокупности показателей качества изготовленной продукции	K <sup>3</sup> <sub>ТД</sub>	Наличие положительной проектной оценки точности и стабильности ТП	100	100	0,16
			Точность и стабильность ТП не оценена	0		
Качество оформления ТД	K <sup>4</sup> <sub>ТД</sub>	Высокий уровень оформления ТД	100	90		
		Удовлетворительный уровень	90			
			Недостаточный уровень оформлен	0		

Продолжение табл. 6.6

1	2	3	4	5	6	7
Оценка соответствия технологической документации установленным требованиям (К <sub>тд</sub> )	Наличие и результаты проведения нормоконтроля ТД	К <sub>тд</sub> <sup>5</sup>	Положительные результаты нормоконтроля ТД	100	90	0,16
			Незначительные замечания к ТД	90		
			Существенные замечания к ТД	0		
Оценка соответствия ТП требованиям безопасности труда (К <sub>т.б</sub> )	Соответствие оцениваемой документации и технологического процесса требованиям действующей государственной и отраслевой НТД в области охраны труда и техники безопасности	К <sub>тб</sub> <sup>1</sup>	Требования НТД выполнены	100	90	0,15
			Имеются незначительные замечания к ТД	90		
			Требования НТД не выполнены	0		
Оценка соответствия ТП требованиям безопасности труда (К <sub>т.б</sub> )	Уровень производственного обучения и инструктажа персонала, реализующего ТП в производстве	К <sub>тб</sub> <sup>2</sup>	Высокий уровень обученности и качества производственного инструктажа	100	100	0,15
			Уровень обученности и инструктажа удовлетворительный	90		
			Недостаточный уровень инструктажа	0		
			Опасность отсутствует	100		
			Опасность имеется	85		
			Опасность отсутствует	100		
Оценка соответствия ТП требованиям безопасности труда (К <sub>т.б</sub> )	Уровень потенциальной опасности ТП в случае утраты контроля над процессом, в том числе по следующим факторам: а) производственный шум; б) вибрация; в) загазованность	К <sub>тбв</sub> <sup>3</sup>	Опасность отсутствует	100	85	
			Опасность имеется	85		
			Опасность отсутствует	100		
			Опасность имеется	85		
			Опасность имеется	100		
			Опасность отсутствует	85		

Продолжение табл. 6.6

1	2	3	4	5	6	7
Оценка соответствия ТП требованиям безопасности труда (К <sub>т.б</sub> )	Наличие статистического учета, контроля и анализа безопасности работ, выполняемых в производстве	К <sub>тб</sub> <sup>6</sup>	Проводится регулярный учет	100	100	
			Проводится статистический учет контроля и анализ. Проводится частичный учет	0		
Оценка соответствия ТП требованиям охраны окружающей среды (К <sub>окс</sub> )	Наличие регистрации и учета профзаболеваний и несчастных случаев на производстве по видам работ, выполняемых при реализации ТП	К <sub>тб</sub> <sup>7</sup>	Регистрация и учет проводятся регулярно и объективно	100	100	0,15
			Имеются недостатки в организации регистрации и учета	0		
			Отсутствие опасности и необходимости в проведении экологической экспертизы	100		
			Повышенный уровень потенциальной экологической опасности при наличии акта экологической экспертизы	90		
	Соответствие оцениваемой ТД требованиям действующей государственной и отраслевой НТД в области охраны окружающей среды	К <sub>окс</sub> <sup>2</sup>	Требования НТД выполнены	100	100	0,16
			Имеются незначительные замечания	90		
			Требования НТД не выполнены	0		

О к о н ч а н и е т а б л . 6 . 6

1	2	3	4	5	6	7
Оценка соответствия ТП требованиям охраны окружающей среды (Кокс)	Уровень содержания и оформления доказательной документации экологической безопасности ТП	$K_{окс}^3$	Наличие положительного экспертного заключения о результатах проведения экологической экспертизы	95	90	0,16
			Удовлетворительный уровень доказательной документации	90		
			Неудовлетворительный уровень	0		
Оценка соответствия ТП назначению (К <sub>н</sub> )	Уровень идентификации и прослеживаемости материалов и продукции, предусмотренной в ТП	$K_{н}^1$	Уровень идентификации соответствует требованиям КД, ТУ, НТД	100	100	0,17
			Уровень и идентификации и прослеживаемости ниже требований, установленных КД, ТУ, НТД	0		
Оценка соответствия ТП назначению (К <sub>н</sub> )	Уровень условий реализации ТП в производстве согласно требованиям, установленным в ТД	$K_{н}^2$	Условия реализации ТП контролируются в производстве и соответствуют требованиям, установленным в ТД	100	100	0,17
			Условия реализации ТП не соответствуют требованиям, установленным в ТД	0		
Оценка ТП по показателям производительности (К <sub>пр</sub> )	Использование в производстве расчетных методов оценки производительности	$K_{пр}^1$	В производстве используются расчетные методы оценки надежности технологических систем	100	100	0,17
			Расчетная производительность ТП не определяется	0		

Таблица 6.7

## Результаты расчета групповых показателей технологического процесса

Наименование группового показателя технологического процесса	Условное обозначение	Расчетная формула для расчета показателя	Значение показателя технологического процесса, не менее
Оценка ТП по показателям стабильности качества изготовленной продукции	$K_{ст}$	$\frac{K_{ст}^1 + \dots + K_{ст}^6}{6}$	95,8
Оценка соответствия технологической документации установленным требованиям	$K_{тд}$	$\frac{K_{тд}^1 + \dots + K_{тд}^5}{5}$	96
Оценка соответствия ТП экологическим требованиям охраны окружающей природной среды	$K_{окс}$	$\frac{K_{окс}^1 + \dots + K_{окс}^3}{3}$	96,7
Оценка ТП по показателям производительности	$K_{пр}$	$K_{пр}^1$	100
Оценка ТП по соответствию назначения	$K_{н}$	$\frac{K_{н}^1 + K_{н}^2}{2}$	100
Оценка ТП по соответствию требованиям безопасности труда	$K_{т.б}$	$\frac{K_{тб}^1 + \dots + K_{тб}^7}{7}$	92,1

Рассчитанное значение установленного показателя качества  $Q_{уст} = 91,4$ . В соответствии с предложенными критериями количественное значение показателя качества оцениваемого технологического процесса, в качестве которого рассматривался процесс производства перемычек железобетонных, выпускаемых на ООО «Строительные материалы»,  $Q_{тп}$  составило 97,4. Так как  $Q_{тп} > Q_{уст}$ , можно констатировать высокое качество технологического процесса.

На основании общей комплексной оценки качества технологического процесса и данных по отдельным группам возможно принятия решения о соответствии всех оцениваемых процессов. Данная методика дает возможность быстро провести анализ и оценить стабильность технологических процессов при обеспечении высокой достоверности результатов. В свою очередь стабильность технологического процесса оказывает влияние на качество готовой продукции.

#### 4. Смешанный метод оценки уровня качества продукции

Достаточно часто при оценке качества продукции, имеющей большую номенклатуру показателей качества, с помощью дифференциального метода практически невозможно сделать строго обоснованный вывод, а

использование только одного комплексного метода в таком случае тоже не позволяет объективно учесть все значимые свойства оцениваемой продукции. В связи с этим при оценке уровня качества сложной продукции используют смешанный метод, основанный на совместном применении единичных и комплексных показателей качества. Следовательно, при смешанном методе оценки уровня качества изделий одновременно используют дифференциальный и комплексный методы.

Смешанный метод оценки уровня качества промышленной продукции используют в тех случаях, когда:

- единичных показателей качества достаточно много, они разнообразны, а анализ значений каждого показателя затруднителен, что не дает возможности сделать обобщающий вывод о качестве продукции;

- обобщающий показатель уровня качества, определяемый комплексным методом, недостаточно полно учитывает все значимые свойства продукции и поэтому неадекватно характеризует качество анализируемых изделий.

Сущность смешанного метода состоит в следующем:

1. Все или часть единичных показателей качества объединяют в группы, для которых определяют комплексный показатель. Объединение единичных показателей в группы производится в зависимости от цели оценки качества: при проектировании и конструировании изделия, при изготовлении и на различных этапах эксплуатации. Наиболее значимые и характерные единичные показатели можно в группы не включать, а рассматривать их наряду с групповыми.

2. Численные значения полученных комплексных показателей и самостоятельно учитываемых единичных показателей сопоставляют с соответствующими базовыми показателями, т.е. применяют принцип дифференциального метода оценки уровня качества продукции.

При смешанном методе оценку уровня качества технической продукции рассчитывают по формуле

$$Y_{\kappa} = \sum_{i=1}^n \frac{P_i}{P_{i\text{баз}}} : n + \frac{Q}{Q_{\text{баз}}} \quad (6.21)$$

или

$$Y_{\kappa} = \sum_{i=1}^n q_i \frac{P_i}{P_{i\text{баз}}} + \frac{Q}{Q_{\text{баз}}}, \quad (6.22)$$

где  $n$  – число единичных показателей учитываемых самостоятельно;

$m_i$  – параметр (коэффициент) весомости  $i$ -го показателя качества (свойства).

Показатель  $Y_{\kappa}$  полученный смешанным методом оценки уровня качества продукции, является обобщенным и комплексным одновременно.

## 5. Метод интегральной оценки уровня качества изделий

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

Интегральный показатель качества принимают для расчета  $U_{ин}$  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:

$$P_{ин} = \frac{W}{(K_c + Z_3)} \quad (6.23)$$

либо как обратное отношение этих затрат к полезному эффекту:

$$P_{ин} = \frac{(K_c + Z_3)}{W}, \quad (6.24)$$

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

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

$Z_3$  – 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:

$$P_{ин} = \frac{W}{K_c \varphi(t) + Z_3}, \quad (6.25)$$

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

Его вычисляют по формуле:

$$\varphi(t) = \frac{E_n (1 + E_n)^{t-1}}{(1 + E_n)^t - 1} \quad (6.26)$$

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. 6.8.

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

$$P_{ин} = \frac{W}{K_c(1 + E_n)^t + 3_э}. \quad (6.27)$$

Т а б л и ц а 6 . 8

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.

$$y_{ин} = \frac{P_{ин}}{P_{ин.баз}}. \quad (6.28)$$

## 6. Метод оценки уровня качества разнородной продукции

Чаще всего предприятие выпускает продукцию многих видов – разнородную. 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

$$I_K = \left( \sum_{i=1}^s N_i \cdot K_i \cdot \Pi_i \right) / \left( \sum_{i=1}^s N_i \cdot \Pi_i \right), \quad (6.29)$$

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

$N_i$  – количество изделий  $i$ -го вида или объём  $i$ -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

$$I_K = \left( \sum_{i=1}^s K_i \cdot C_i \right) / C. \quad (6.30)$$

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

$$I_{\text{общ}} = \left( \sum_{j=1}^m C_j \cdot I_{kj} \right) / \sum_{j=1}^m C_j, \quad (6.31)$$

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. 6.9). За базовое значение принимается значение ходимости шин, выпущенных в прошлом году.

Таблица 6.9

## 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 (6.29) 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:

$$K_C = \left( \sum_{i=1}^S \left( \sum_{k=1}^n \Pi_{ik} \cdot N_{ik} \right) \right) / \left( \sum_{i=1}^S \Pi_{il} \cdot \sum_{k=1}^n N_{ik} \right), \quad (6.32)$$

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. 6.10):

Таблица 6.10

## Исходные данные

Сорт	Вид А			Вид Б			Вид В		
	$N$	$\Pi$	$\Pi \cdot N$	$N$	$\Pi$	$\Pi \cdot N$	$N$	$\Pi$	$\Pi \cdot N$
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 (6.32) 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

$$K_{C_{\text{общ}}} = \left( \sum_{j=1}^m C_J \cdot K_{CJ} \right) / \sum_{j=1}^m C_J. \quad (6.33)$$

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:

$$D_i = \left( \sum_{j=1}^d m_j \cdot r_j \right) / n, \quad (6.34)$$

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

$$q_i = D_i / D_{i0}, \quad (6.35)$$

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:

$$I_D = \left( \sum_{i=1}^s C_i \cdot q_i \right) / \sum_{i=1}^s C_i, \quad (6.36)$$

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. 6.11. При проверке выборки из 50 шин было обнаружено 7 дефектов:

Т а б л и ц а 6 . 1 1

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. 6.12 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 6 . 1 2

Базовые и фактические значения показателя дефектности

$i$	$D_i$	$D_{iб}$	$C_i$	$q_i$	$C_i \cdot q_i$
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 %.

## 7. Методика выполнения и оформления работы

7.1. Получить у преподавателя задание для определения уровня качества выбранного объекта оценивания, содержащее перечень единичных показателей, их фактические и нормативные значения

7.2. Определить уровень качества продукции.

**Задача 1.** Определить интегральные показатели качества роботов-манипуляторов, по данным табл. 6.13. Сравнить качество роботов, т.е. определить какой из роботов-манипуляторов качественнее.

Т а б л и ц а 6 . 1 3

Исходные данные

Обозначение	Наименование	Вариант 1	Вариант 2
K1	Производительность, манипуляций/ч	930	900
K2	Коэффициент технического использования	0,984	0,912
K3	Срок службы, лет	13	14
K4	Количество отказов в год, единиц	11	13
K5	Время устранения отказа, ч	3,5	4
K6	Цена, тыс.руб.	13200	13500
K7	Стоимость 1 часа эксплуатации, тыс.руб	0,35	0,5
K8	Стоимость 1 часа устранения отказа, тыс.руб.	50	56
F	Годовой фонд рабочего времени, ч	4015	4015

**Задача 2.** Проанализировать единичные показатели качества базового и нового станков, определить уровень качества нового станка. Исходные данные приведены в табл. 6.14.

Т а б л и ц а 6.14

## Исходные данные

№ п/п	Показатель	Базовый	Новый
1	Часовая производительность станка $q$ , шт.	18	24
2	Точность обработки, мм	0,04	0,03
3	Срок службы до капитального ремонта $T_k$ , год	10	12
4	Удельная трудоемкость, н-ч/кВт	400	450
5	Удельная материалоемкость, кг/кВт	600	560
6	Применяемость стандартных сборочных единиц, %	70	75
7	Затраты на создание станка, руб.	10000	12000
8	Эксплуатационные расходы у потребителя, руб./ч	1,24	1,15
9	Эффективный годовой фонд времени работы станка, ч	4015	4015
10	Коэффициент загрузки станка $k_3$	0,85	0,85

**Задача 3.** В соответствии с техническим заданием необходимо спроектировать длиномер. Определить технический уровень нового изделия. Качество изделия оценивается по нескольким показателям (табл. 6.15).

Т а б л и ц а 6.15

## Исходные данные

№ п/п	Показатели качества	Проектируемое изделие	Базовый вариант	Весомость
1	Диапазон измерения, мм	150	100	0,4
2	Точность измерения, мм	0,75	1,0	0,5
3	Время установки, настройки и измерения, мин	0,5	5	0,1

**Задача 4.** В табл. 6.16 представлены показатели качества совершенства сшивания тканей прямой строчкой. Определить уровень качества предоставляемых услуг.

Т а б л и ц а 6.16

## Исходные данные

Единичные показатели совершенства сшивания тканей прямой строчкой	Коэффициент весомости $m_i$	Значение оценки $K_i$ , баллы	
		"Подольск-132"	"Бернина-800"
1	2	3	4
1. Правильность регулирования верхней и нижней нитей	0,13	4,0	4,5
2. Переплетение верхней и нижней нитей в середине сшиваемых тканей	0,13	4,0	4,5
3. Отсутствие сборок у сшиваемых тканей и исключение образования гофров и морщин	0,14	4,5	4,5
4. Отсутствие пропусков стежков	0,16	5,0	5,0
5. Постоянство размера длины стежка по всей длине шва и соответствие установке регулятора	0,08	4,0	4,75
6. Отсутствие бокового смещения стежков от линии шва	0,09	4,0	4,0

Окончание табл. 6.16

1	2	3	4
7. Увод ткани от заданного направления строчки	0,08	4,3	5,0
8. Взаимное относительное смещение материалов и сшиваемых тканей (вдоль и поперек)	0,08	4,0	4,0
9. Сохранение начальной прочности сшиваемой нити	0,11	3,0	4,0

**Задача 5.** Рассчитать интегральные показатели качества базового и нового станка и уровень качества нового станка. Исходные данные приведены в табл. 6.17.

Таблица 6.17

Исходные данные

№ п/п	Показатель	Базовый	Новый
1	Затраты на создание станка, руб.	26000	28000
2	Эксплуатационные затраты у потребителя, руб./ч	122,45	125,15
3	Производительность станка, шт/ч	75	87
4	Срок службы, год	12	14
5	Эффективный годовой фонд времени работы станка, ч	4015	4015
6	Коэффициент загрузки станка	0,85	0,85

**Задача 6.** Рассчитать интегральные показатели качества базового и нового оборудования и уровень качества нового оборудования. Исходные данные приведены в табл. 6.18.

Таблица 6.18

Исходные данные

№ п/п	Показатель	Базовый	Новый
1	Затраты на создание оборудования, руб.	44000	39000
2	Эксплуатационные затраты у потребителя, руб./ч	152,45	147,15
3	Производительность оборудования, шт./ч	93	108
4	Срок службы, год	13	15
5	Эффективный годовой фонд времени работы оборудования, ч	4015	4015
6	Коэффициент загрузки оборудования	0,9	0,9

Вопросы для самоподготовки

1. Что такое однородная и разнородная продукция?
2. Назовите методы оценки уровня качества однородной продукции.
3. В чем суть дифференциального метода оценки уровня качества продукции?
4. Какие требования предъявляют к комплексному показателю качества?
5. Что такое интегральный показатель качества продукции?
6. Особенности смешанного метода оценки уровня качества продукции.
7. Что такое индекс дефектности?

## Практическое занятие № 7

# МЕТОДЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ УРОВНЯ КАЧЕСТВА ОБЪЕКТОВ: ТОЧЕЧНЫЕ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА ПРОДУКЦИИ, ОСНОВАННЫЕ НА ПРОСТЫХ И КУМУЛЯТИВНЫХ ВЫБОРОЧНЫХ СРЕДНИХ

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

### 1. Основные сведения

Под функцией оценивания понимается аналитическая зависимость, связывающая элементы статистики (информации) о качестве продукции.

Поскольку номенклатура показателей качества достаточно велика, то пользователь вправе выбрать из них самые необходимые и произвести по ним оценку. Для обеспечения интересов пользователей системы оценивания к функциям оценивания предъявляются определенные требования:

- 1) их структура должна соответствовать всем требованиям к оценке  $Q$ ;
- 2) иметь возможность наиболее полного учета набора исходной и дополнительной информации для оценивания продукции;
- 3) иметь возможность вычислять точечные, интервальные и вероятностные оценки и их погрешности оценивания;
- 4) позволять строить комбинации различных функций оценивания;
- 5) иметь возможность количественного оценивания отдельных характеристик функции оценивания.

Точечные оценки качества продукции возникают в том случае, когда в функции оценивания все составляющие ее аргументов заданы только одной конкретной числовой величиной.

Для получения точечных оценок функции оценивания могут быть сформированы на основе одного из видов выборочной средней.

Видов выборочных средних достаточно много и возникают трудности выбора конкретного вида. Обычно при выборе вида средней учитывают и свойства: состоятельности, эффективности и достаточности.

Предпочтительное значение отдают свойствам эффективности достаточности. Свойство достаточности проявляется в числе степеней свободы функции оценивания. Чем больше степень свободы, тем более отчетливо проявляется свойство достаточности.

При одинаковой величине исходной информации о качестве продукции свойство достаточности отчетливо проявляется в кумулятивных выборочных средних, из которых выборочные гармонические обеспечивают наибольшее число степеней свободы.

На практике приходится учитывать и то обстоятельство, что в функции оценивания некоторые аргументы могут принимать значение ноль, когда в наборе отсутствуют отдельные элементы информации и по этой причине не применяют выборочные геометрические, которые обращают функцию оценивания в ноль.

Из оставшихся видов арифметических и гармонических выборочных средних по-прежнему бывает трудно обосновать выбор конкретного вида, если еще дополнительно учитывать возможную максимальную погрешность оценки качества.

## 2. Основные свойства выборочных средних

### 1. Свойство достаточности.

Статистика  $Q$  будет достаточной оценкой, если все остальные независимые оценки, полученные на основе данного объема  $n$  исходной информации о качестве продукции, не дают каких-либо дополнительных сведений об этих оценках.

Свойство достаточности выборочной средней можно характеризовать числом степеней свободы функции оценивания. Под степенью свободы следует понимать совокупность:

- символ обозначений в функции оценивания;
- символов конкретной математической операции в функции оценивания;
- символов действия, решения или выбора (например, ранжирование исходной информации, выбор варианта приоритета и др.);
- символов накопленной информации и другие символы.

### 2. Свойство состоятельности.

Статистика является состоятельной оценкой  $Q$ , если с ростом объема исходной информации о качестве продукции значение сходится по вероятности к  $Q$ .

Из математической статистики известно соотношение:

$$P\left(\left|\bar{Q} - Q_u\right| > \varepsilon\right) \leq \frac{\delta^2}{n\varepsilon^2},$$

где  $\bar{Q}$  – среднее выборочное;

$Q_u$  – истинное среднее значение случайной величины;

$P$  – доверительная вероятность;

$\delta$  – среднее квадратическое отклонение случайной величины  $Q_u$ ;

$n$  – объем исходных выборок элементов информации;

$\varepsilon$  – некоторое положительное число.

Правая часть неравенства стремится к нулю  $n \rightarrow \infty$ , и поэтому рассматриваемые виды выборочных средних являются состоятельными оценками.



Свойство состоятельности проявляется с ростом объема исходной информации, использованной при вычислении  $Q$ .

### 3. Свойство эффективности.

Из двух различных оценок  $Q^{(1)}$  и  $Q^{(2)}$  качества продукции эффективней будет  $Q^{(1)}$ , если

$$M \left[ (Q^{(1)} - Q)^2 \right] < M \left[ (Q^{(2)} - Q)^2 \right]$$

для всех  $Q^{(2)}$ .

Свойство эффективности характеризуется дисперсией оценок качества.

С учетом этого эффективными являются средние величины, у которых разброс оценок качества меньше.

Для определения точечных оценок обобщенных показателей качества продукции можно использовать функции (6.4-6.16).

### 3. Номограммы для определения комплексного показателя качества

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 (6.10) строят следующим образом (рис. 7.1). 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:

$$l_i = m M_i K_i, \quad (7.1)$$

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

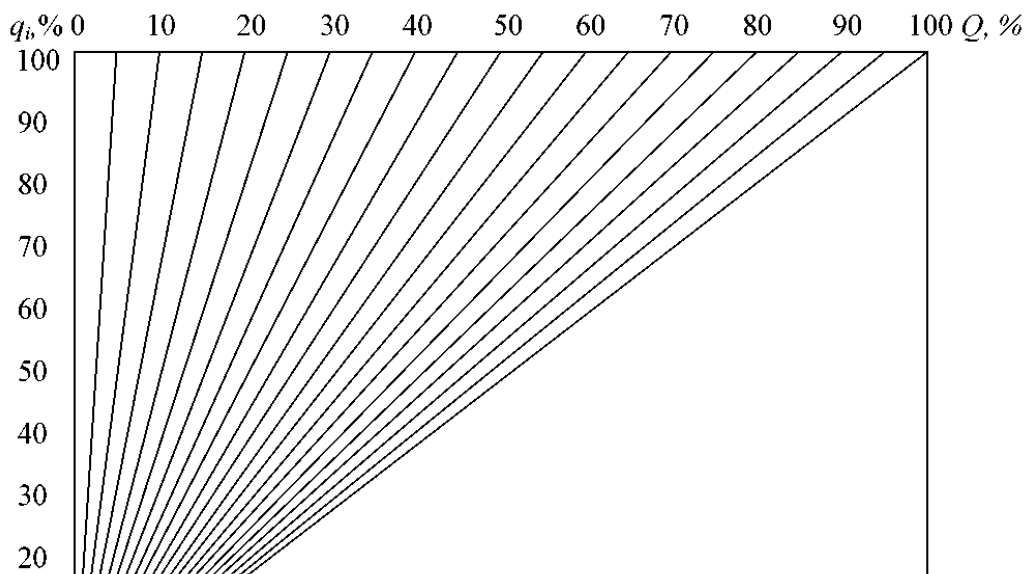


Рис. 7.1. Номограмма для определения комплексного показателя качества с помощью арифметического способа усреднения

Чтобы построить линию, например для  $M_i = 0,50$ , необходимо рассчитать абсциссы ее точек для  $K_i = 20\%$  и  $K_i = 100\%$ . Используя выражение (7.1), получают  $l_{i20} = 2 \times 0,5 \times 20 = 20$  мм;  $l_{i100} = 2 \times 0,5 \times 100 = 100$  мм. Далее откладывают полученные значения соответственно на нижней и верхней горизонтальных линиях номограммы и соединяют их прямой линией. Аналогично строят все линии для значений  $M_i = 0,05 \dots 1,00$  с интервалом 0,05.

Оптимальный размер номограммы, построенной для выражения (6.11), составляет  $230 \times 161$  мм (рис. 7.2). Обе шкалы номограммы логарифмические, причем единица  $\ln Q = 50$  мм, а единица  $\ln K_i = 100$  мм. При построении шкал на них откладывают натуральные логарифмы величин, а надписывают антилогарифмы (в процентах). Для построения делений шкалы  $K_i$  используют формулу

$$l_{K_i} = 100(\ln K_i - \ln 20) = 100 \ln K_i - 299,6, \quad (7.2)$$

а для делений шкалы  $Q$  – выражение:

$$l_{Q_i} = 50 \ln Q. \quad (7.3)$$

Линии  $M_i$  выражаются линейной функцией:

$$l_i = 50 M_i \ln K_i, \quad (7.4)$$

их строят аналогично для значений  $M_i = 0,05 \dots 1,00$  с интервалом 0,05.

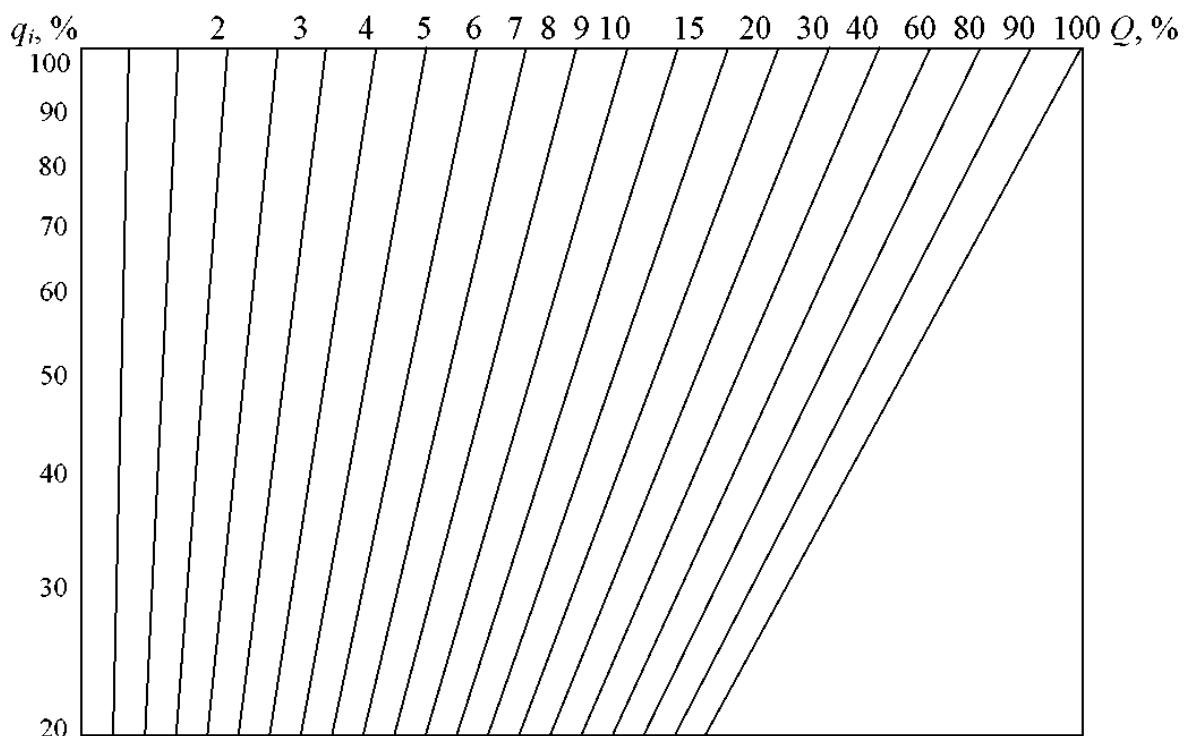


Рис. 7.2 Номограмма для определения комплексного показателя качества с использованием среднегеометрического способа усреднения

Размер номограммы для определения комплексного показателя качества по формуле (5.12) следует принять 250×160 мм (рис. 7.3). Масштаб шкалы  $Q$  переменный.

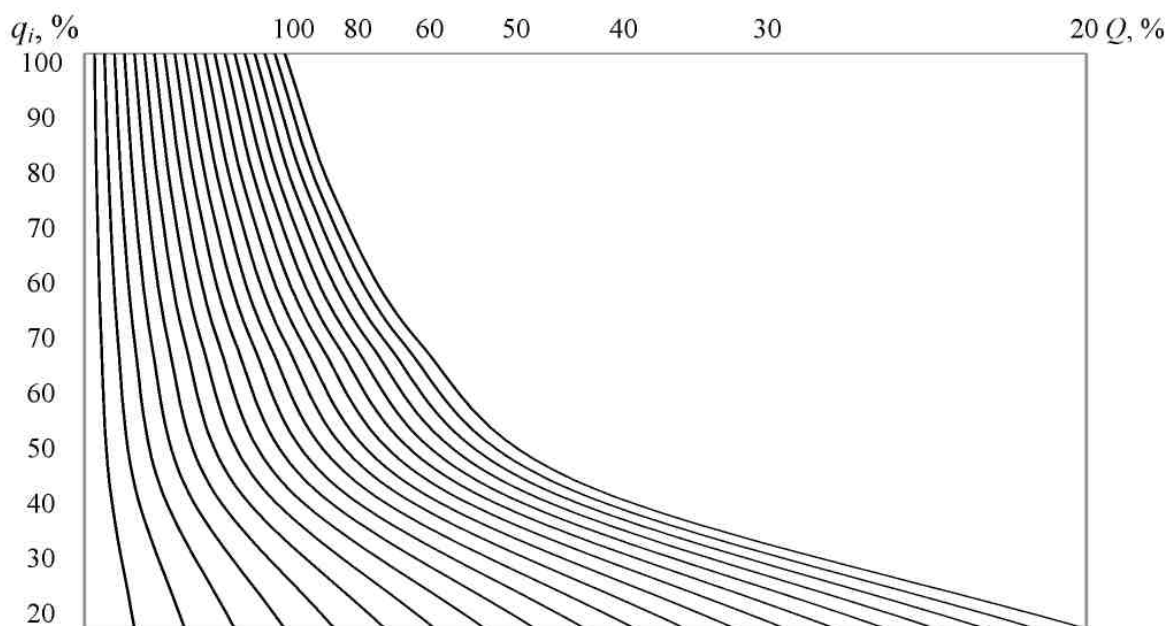


Рис.7.3 Номограмма для определения комплексного показателя качества на основе гармонического способа усреднения

Деления шкалы наносят с использованием формулы

$$L_Q = 50 / (0,01Q) = 5000 / Q. \quad (7.5)$$

Масштаб шкалы  $K_i$  постоянный – 1% шкалы соответствует 2 мм. Линии  $M_i$  представляют собой гиперболы. Для их построения вычисляют значения  $l_{K_i}$  для данного  $M_i$  и  $K_i$  в диапазоне 20 ... 100 % с интервалом 10 % по формуле

$$l_{K_i} = 50M_i / (0,01K_i) = 5000 M_i / K_i. \quad (7.6)$$

На рассмотренных номограммах для относительных показателей выбран диапазон значений 20...100%, поскольку их значения меньше 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 (6.10) получаем  $Q = 69,9\%$ , по формуле (6.11) –  $Q = 68,6\%$ , по формуле (6.12) –  $Q = 67,3\%$ .

При использовании номограмм значения  $Q$  составили соответственно 70,0, 69,0 и 67,0%.

#### 4. Точечные оценки, полученные по композиционным функциям оценивания

Выбор аналитической зависимости функции оценивания для вычисления точечной оценки остается преднамеренным, поскольку еще точно не установлены приемлемые закономерности, определяющие необходимую сочетаемость свойств средних для однозначного выбора конкретного вида средней.

Задачу выбора вида средней по ее свойствам можно несколько упростить за счет сочетания свойств в отдельных функциях оценивания.

К таким свойствам можно отнести:

1) простые средние (арифметическая, геометрическая и гармоническая) ограниченно применяют по причинам того, что они не учитывают важности отдельных единиц информации из их общей совокупности;

2) средние геометрические простые, взвешенные и кумулятивные ограниченно применяют в силу того, что при отсутствии хотя бы одной из единиц информации аналитические зависимости для их вычисления дают результат, равный нулю;

3) композиционные средние и композиционные средние взвешенные не применяют в силу отсутствия алгоритмов их применения;

4) кумулятивные средние ограниченно применяют потому, что они недостаточно изучены.

Реальное применение находят две средние взвешенные арифметическая и гармоническая.

Чтобы снизить действия преднамеренности на выбор вида выборочной средней для функции оценивания, когда отсутствуют обоснованные требования к свойствам средних, предлагается для практических задач определять точечную оценку как простое среднее геометрическое из четырех видов средних оценок взвешенного среднего арифметического, взвешенного среднего гармонического, взвешенного среднего арифметического кумулятивного и взвешенного среднего гармонического кумулятивного, поскольку эти оценки не могут быть равны нулю.

С учетом этого точечную оценку  $Q^o$  предлагается определять по композиционной функции оценивания, алгоритм расчета которой представлен на рис. 7.4.

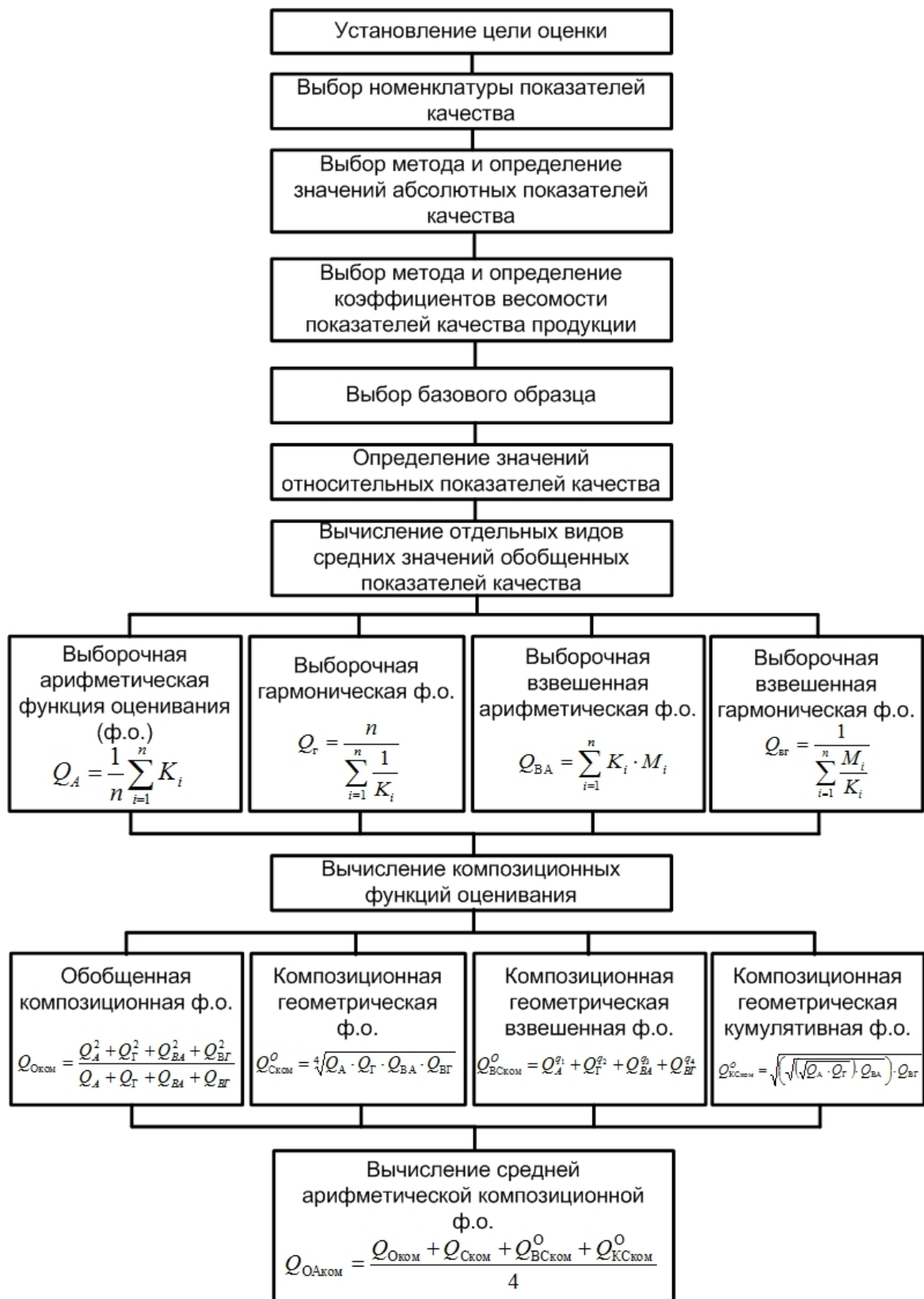


Рис. 7.4. Алгоритм определения точечной оценки по композиционной функции оценивания

Композиционные функции оценивания позволяют существенно снизить исходный интервал для точечных оценок, поскольку среднее квадратическое отклонение на третьем этапе вычисления средних из средних уменьшается в четыре раза.

**Пример.** Вычислить точечную оценку качества продукции по композиционной функции оценивания.

Исходная информация  $K_1=0,74$ ,  $K_2=0,825$ ,  $K_3=0,4$ ,  $K_4=0,28$ ;  $K_5=0,32$ ;  $K_6=0,525$ ;  $M_1=0,18$ ,  $M_2=0,145$ ,  $M_3=0,085$ ,  $M_4=0,24$ ,  $M_5=0,05$ ,  $M_6=0,30$ .

Решение

1. Вычисляем отдельные виды средних:

$$Q_A = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n K_i = \frac{0,74 + 0,825 + 0,4 + 0,28 + 0,32 + 0,525}{6} = 0,515;$$

$$Q_{\Gamma} = \frac{n}{\sum_{i=1}^n \frac{1}{K_i}} = \frac{6}{\frac{1}{0,74} + \frac{1}{0,825} + \frac{1}{0,4} + \frac{1}{0,28} + \frac{1}{0,32} + \frac{1}{0,525}} = 0,44;$$

$$Q_{BA} = \sum_{i=1}^n K_i \cdot M_i = 0,74 \cdot 0,18 + 0,825 \cdot 0,145 +$$

$$+ 0,40 \cdot 0,085 + 0,28 \cdot 0,24 + 0,05 \cdot 0,32 + 0,3 \cdot 0,525 = 0,528;$$

$$Q_{B\Gamma} = \frac{1}{\sum_{i=1}^n \frac{M_i}{K_i}} = \frac{1}{\frac{0,18}{0,74} + \frac{0,145}{0,825} + \frac{0,085}{0,4} + \frac{0,24}{0,28} + \frac{0,05}{0,32} + \frac{0,3}{0,525}} = 0,45.$$

2. Вычисляем обобщенную композиционную

$$Q_{\text{ОКОМ}} = \frac{Q_A^2 + Q_{\Gamma}^2 + Q_{BA}^2 + Q_{B\Gamma}^2}{Q_A + Q_{\Gamma} + Q_{BA} + Q_{B\Gamma}} = \frac{0,515^2 + 0,44^2 + 0,528^2 + 0,45^2}{0,515 + 0,44 + 0,528 + 0,45} = 0,486.$$

3. Вычисляем композиционную геометрическую

$$Q_{\text{СКОМ}}^O = \sqrt[4]{Q_A \cdot Q_{\Gamma} \cdot Q_{BA} \cdot Q_{B\Gamma}} = \sqrt[4]{0,515 \cdot 0,44 \cdot 0,528 \cdot 0,45} = 0,482.$$

4. Вычисляем композиционную геометрическую взвешенную

$$Q_{\text{ВСКОМ}}^O = Q_A^{0,1} \cdot Q_{\Gamma}^{0,2} \cdot Q_{BA}^{0,3} \cdot Q_{B\Gamma}^{0,4} = 0,515^{0,1} \cdot 0,44^{0,2} \cdot 0,528^{0,3} \cdot 0,45^{0,4} = 0,49.$$

5. Вычисляем композиционную геометрическую кумулятивную

$$Q_{\text{КСКОМ}}^O = \sqrt{Q_A \sqrt{Q_{\Gamma} \sqrt{Q_{BA} \cdot Q_{B\Gamma}}}} = \sqrt{0,515 \sqrt{0,44 \sqrt{0,528 \cdot 0,45}}} = 0,488.$$

6. Вычисляем среднюю арифметическую композиционную

$$Q_{\text{ОАКОМ}} = \frac{Q_{\text{ОКОМ}} + Q_{\text{СКОМ}}^O + Q_{\text{ВСКОМ}}^O + Q_{\text{КСКОМ}}^O}{4} =$$

$$= \frac{0,486 + 0,482 + 0,49 + 0,488}{4} = 0,486.$$

## 5. Погрешность функции оценивания

В модели процесса оценивания функцию оценивания формируют на основе различных комбинаций видов выборочных средних. Наиболее часто используют степенные простые, взвешенные и кумулятивные средние, по структуре представляющие функцию оценивания в виде суммы аргументов. При этом принимается допущение о том, что отдельные аргументы независимы друг от друга и случайны по характеру проявления. С учетом отмеченного, погрешность функции оценивания является случайной величиной и зависит от числа аргументов, от погрешностей составляющих аргументов и от структуры ее аналитической зависимости.

Погрешность функции оценивания, сформированной на основе средней взвешенной арифметической, предлагается определять по зависимости:

$$\Delta_{\text{ф.о}} = E_{\text{ср}} \sqrt{\sum_{i=1}^N T_{Mj}^2}, \quad (7.7)$$

где  $E_{\text{ср}}$  – средний коэффициент коммутативного влияния, зависящий от разности величин  $K_i$  во всех парах аргументов;

$T_{Mj}$  – величина погрешности на  $i$ -й коэффициент весомости.

Величина погрешности  $T_M$  на коэффициент весомости  $q$  зависит от коэффициента квалификации пользователя  $k$  и от самой величины коэффициента весомости  $q$  и определяется по эмпирической формуле

$$T_M = k \cdot M^{0,8+3M}. \quad (7.8)$$

Составляющую в (7.8), которая зависит только от  $q$  обозначим, как меру погрешности, через  $\psi_M$  и тогда

$$\psi_M = M^{0,8+3M}. \quad (7.9)$$

Так как результаты расчетов по формуле (7.8) для смежных значений  $M$  существенно не различаются, то для практических целей величины  $q$  разделены на интервалы и для трех значений коэффициентов квалификации  $k$  определены величины погрешностей  $T_M$ , постоянные для каждого интервала, как это показано в табл. 7.1. Величины  $\psi_q$  приведены в табл. 7.2.

Т а б л и ц а 7 . 1

Величина погрешности  $T_M$

Интервалы для $M_i$	Квалификация пользователя		
	Высокая $k=0,8$	Средняя $k=1,0$	Низкая $k=1,25$
От 0,01 до 0,02	0,01	0,02	0,03
От 0,02 до 0,04	0,02	0,03	0,04
От 0,04 до 0,06	0,03	0,04	0,05
От 0,06 до 0,08	0,04	0,05	0,06
От 0,08 до 0,10	0,05	0,06	0,08
От 0,10 до 0,15	0,06	0,08	0,10
От 0,15 до 0,20	0,08	0,10	0,12
От 0,20 до 0,50	0,10	0,12	0,16

Таблица 7.2

Мера погрешности  $\Psi_M$ 

Интервал $M$	0,01- 0,02	0,02- 0,04	0,04- 0,06	0,06- 0,08	0,08- 0,10	0,10- 0,15	0,15- 0,20	0,20- 0,50
Мера погрешности $\Psi_M$	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06	0,08	0,10	0,12

С учетом (7.7), (7.8) имеем:

$$\Delta_{\phi.o} = E_{cp} \sqrt{\sum_{i=1}^N k_i^2 \Psi_{Mi}^2}. \quad (7.10)$$

Так как коэффициент квалификации  $k$  для конкретной функции оценивания число постоянное, то:

$$\Delta_{\phi.o} = E_{cp} \cdot k \sqrt{\sum_{i=1}^N \Psi_{qi}^2}, \quad (7.11)$$

Из формулы (7.11) при заданной норме на величину погрешности можно определить коэффициент квалификации пользователя:

$$k = \frac{\Delta_{\phi.o}}{E_{cp} \sqrt{\sum_{i=1}^N \Psi_{Mi}^2}}. \quad (7.12)$$

По вычисленной величине  $k$  из табл. 6.1 можно определить величины погрешностей  $T_{Mj}$  на коэффициенты весомости  $M_i$ .

Таким образом, по предлагаемым зависимостям можно решить две задачи:

1) прямую, когда по известным погрешностям  $T_{Mj}$  на коэффициенты весомости вычисляется расчетная погрешность  $\Delta_{\phi.o,p}$  функции оценивания;

2) обратную, когда по заданной погрешности  $\Delta_{\phi.o}$  на количественную оценку качества продукции  $Q$  определяются погрешности  $T_{Mj}$  на коэффициенты весомости в аргументах функции оценивания.

На практике наиболее часто приходится решать прямую задачу.

**Пример.** Для функции оценивания  $Q_{BA} = \sum_{i=1}^7 M_i \cdot K_i$  с набором исходной информации, состоящей из 7 элементов

$$M_1 \cdot K_1 = 0,05 \cdot 0,7; M_2 \cdot K_2 = 0,08 \cdot 0,8; M_3 \cdot K_3 = 0,1 \cdot 0,5; M_4 \cdot K_4 = 0,12 \cdot 0,8;$$

$$M_5 \cdot K_5 = 0,16 \cdot 0,6; M_6 \cdot K_6 = 0,22 \cdot 0,9; M_7 \cdot K_7 = 0,27 \cdot 0,8$$



определить погрешности  $T_{qj}$  на коэффициенты весоности при заданной норме на абсолютную погрешность функции оценивания  $\Delta_{\phi,0} \leq 0,04$ .

### Решение

1. Из условия задачи следует, что она сформулирована как обратная. Рассчитываем составляющие коэффициента коммутативного влияния.

$$\frac{\sum_{j=1}^{N-1} |K_1 - K_{j\pm 1}|}{N-1} = \frac{0,1+0,2+0,1+0,1+0,2+0,1}{7-1} = \frac{0,8}{6} = 0,133$$

$$\frac{\sum_{j=1}^{N-1} |K_2 - K_{j\pm 1}|}{N-1} = \frac{0,1+0,3+0+0,2+0,1+0}{7-1} = \frac{0,7}{6} = 0,115$$

$$\frac{\sum_{j=1}^{N-1} |K_3 - K_{j\pm 1}|}{N-1} = \frac{0,2+0,3+0,3+0,1+0,4+0,3}{7-1} = \frac{1,6}{6} = 0,27$$

$$\frac{\sum_{j=1}^{N-1} |K_4 - K_{j\pm 1}|}{N-1} = \frac{0,1+0+0,3+0,2+0,1+0}{7-1} = \frac{0,7}{6} = 0,115$$

$$\frac{\sum_{j=1}^{N-1} |K_5 - K_{j\pm 1}|}{N-1} = \frac{0,1+0,2+0,1+0,2+0,3+0,2}{7-1} = \frac{1,1}{6} = 0,183$$

$$\frac{\sum_{j=1}^{N-1} |K_6 - K_{j\pm 1}|}{N-1} = \frac{0,2+0,1+0,4+0,1+0,3+0,1}{7-1} = \frac{1,2}{6} = 0,200$$

$$\frac{\sum_{j=1}^{N-1} |K_7 - K_{j\pm 1}|}{N-1} = \frac{0,1+0+0,3+0+0,2+0,1}{7-1} = \frac{0,7}{6} = 0,115$$

Находим средний коэффициент коммутативного влияния функции оценивания

$$E_{\text{cp}} = \frac{1}{N} \cdot \sum_{i=1}^N \frac{\sum_{j=1}^{N-1} |K_i - K_{j\pm 1}|}{N-1} =$$

$$= \frac{0,133+0,115+0,27+0,115+0,183+0,2+0,115}{7} = 0,166.$$

2. Вычисляем коэффициент квалификации пользователя количественной оценкой качества продукции по формуле

$$k = \frac{\Delta_{\phi.o}}{E_{cp} \sqrt{\sum_{i=1}^N \psi_{Mi}^2}} = \frac{0,04}{0,166 \sqrt{0,04^2 + 0,05^2 + 0,06^2 + 0,08^2 + 0,1^2 + 0,12^2 + 0,12^2}} = 0,99.$$

3. Расчетный коэффициент квалификации пользователя  $k=0,99$  соизмерим с коэффициентом квалификации пользователя «средняя», для которого  $k=1,0$  (табл. 7.1).

4. Принимаем решение погрешности (допуски) на коэффициенты весо-ности аргументов задать по группе квалификации «средняя». Из табл. 6.1 находим эти погрешности (допуски  $T_{qi}$ )

$$T_{M1}=0,04; T_{M2}=0,05; T_{M3}=0,06; T_{M4}=0,08; T_{M5}=0,10; T_{M6}=0,12; T_{M7}=0,12.$$

5. Производим проверку решения путем вычисления абсолютной погрешности для найденных  $T_{M1}-T_{M7}$  по формуле (6.13):

$$\Delta_{\phi.o} = E_{cp} \sqrt{\sum_{i=1}^N T_{Mj}^2} = 0,166 \sqrt{0,04^2 + 0,05^2 + 0,06^2 + 0,08^2 + 0,1^2 + 0,12^2 + 0,12^2} = 0,039.$$

6. Сравниваем полученную расчетную погрешность  $\Delta_{\phi.o,p}=0,039$  с заданной нормой  $\Delta_{\phi.o}=0,04$  и делаем вывод о том, что погрешности на коэффициенты весо-ности по группе квалификации «средняя» приняты оправдано.

Таким образом, рассмотренный пример подтверждает целесообразность практического применения предложенного метода определения расчетной погрешности  $\Delta_{\phi.o}$  для наиболее применимой структуры функции оценивания.

Для функций оценивания, сформированных на других видах выборочных средних, общий подход вычисления абсолютной погрешности оценивания полностью сохраняется и учитывается только их структура.

## 6. Методика выполнения и оформления работы

6.1. Построить на миллиметровой бумаге номограммы для определения комплексного показателя качества с использованием различных способов усреднения (см. рис. 7.1...7.3).

6.2. Взять значения показателей для определения комплексного показателя различными способами усреднения.

6.3. Определить значение комплексного показателя качества продукции на основании построенных номограмм.

6.4. 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?

3. Перечислите основные свойства выборочных средних.

4. Что такое функция оценивания?

5. В чем заключается свойство достаточности выборочной средней величины?

6. В чем заключается свойство эффективности выборочной средней величины?

## Практическое занятие № 8 МЕТОДЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ УРОВНЯ КАЧЕСТВА ОБЪЕКТОВ: ИНТЕРВАЛЬНЫЕ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА ПРОДУКЦИИ

**Цель занятия:** изучить методы получения интервальных оценок качества продукции.

### 1. Определение интервальных оценок качества продукции сформированных на основе простых и кумулятивных выборочных средних

Если набор элементов информации  $K_i [1, n]$  задан только номинальными величинами, то точечную выборочную оценку  $Q$ , полученную по функции оценивания, сформированной на основе простых и кумулятивных средних, можно связать с вычислением оценки интервального вида.

$$Q[Q_n; Q_b],$$

где  $Q_n$  – нижняя граница;

$Q_b$  – верхняя граница.

Известно, что интервальные оценки являются функциями исходных величин  $K_i[1, n]$  и показывают определенную степень уверенности в том, что условно-истинное значение  $Q$  располагается внутри интервала  $Q[Q_n, Q_b]$ . Так, если в результате расчета получили  $Q=0,7 \pm 0,04$ , то действительная оценка  $Q$  находится между 0,66 и 0,74. Величину  $\pm 0,04$  можно назвать доверительным интервалом.

Математический подход к вычислению доверительных интервалов состоит в том, что вводится случайная величина  $Y(Q)$ , связанная с  $Q$ , но при этом распределение  $Y(Q)$  не зависит ни от каких других параметров.

По функции распределения для  $Y(Q)$  находят два таких числа  $Q_n$  и  $Q_b$ , чтобы выполнялось условие:

$$P[Q_n < Y(Q) < Q_b] = \gamma,$$

где  $\gamma$  – характеристика доверия (обычно от 0,8 до 0,975).

После этого находят уравнение, определяющее доверительный интервал

$$P[Q_n < Q < Q_b] = \gamma.$$

Границы интервалов вычисляются по формулам:

$$Q_n = Q - t_{\gamma; n-1} * \frac{\sigma}{\sqrt{n}}; \quad (8.1)$$

$$Q_b = Q + t_{\gamma; n-1} * \frac{\sigma}{\sqrt{n}}, \quad (8.2).$$

где  $t_{\gamma; n-1}$  – квантиль  $t$ -распределения Стьюдента с  $n-1$  степенями свободы (табл. 8.1);

$n$  – объем исходной информации о качестве продукции.

Для случая, когда  $\gamma=0,95$ , можно ожидать, что в среднем 95% таких случайных интервалов будут содержать расчетную величину количественной оценки  $Q$ .

Таблица 8.1

Значения квантиль  $t$ -распределение

Число степеней свободы	$T_{0,60}$	$T_{0,80}$	$T_{0,90}$	$T_{0,95}$
5	0,92	1,476	2,015	2,571
6	0,906	1,440	1,943	2,447
7	0,896	1,415	1,895	2,365
8	0,889	1,397	1,86	2,306
9	0,883	1,389	1,833	2,262
10	0,879	1,372	1,812	2,228
11	0,876	1,363	1,796	2,201
12	0,873	1,356	1,782	2,179
13	0,87	1,35	1,771	2,16
14	0,868	1,345	1,761	2,145
15	0,866	1,341	1,753	2,131
20	0,86	1,325	1,725	2,083

**Пример.** Объем исходной информации о качестве продукции  $n=10$ . Расчетная оценка  $Q=0,8$ , а  $\sigma=0,04$ . Определить доверительные интервалы для  $Q$  при  $\gamma=0,90$ .

**Решение**

1. По таблице находим квантиль  $t$ -распределение для  $n=10$  и  $\gamma=0,90$ .

Для  $t_{0,9}$  и числа степеней свободы  $n-1=10-1$  находим  $t_{0,9;9}=1,883$

2. Вычисляем границы доверительного интервала:

$$Q_{\text{н}}=Q-1,833 \cdot (0,04/\sqrt{10})=0,8-1,833 \cdot 0,0126=0,8-0,023=0,777$$

$$Q_{\text{в}}=Q+1,833 \cdot (0,04/\sqrt{10})=0,8+1,833 \cdot 0,0126=0,8+0,023=0,823$$

Следовательно, на 90% можно быть уверенным в том, что условно-истинное значение  $Q_{\text{у.и}}$  находится в пределах  $Q[0,777; 0,823]$ .

**2. Получение интервальных оценок качества продукции, методом максимума-минимума и вероятностным**

**Метод максимума-минимума** – это метод вычисления количественной оценки качества продукции, учитывающий только предельные отклонения всех элементов информации набора  $K_i[1, n]$  и самые неблагоприятные их сочетания.

Для того чтобы обеспечить определенное доверие к результату вычисления количественной оценки качества продукции  $Q$  элементы информации в исходном наборе  $K_i[1, n]$ , как правило, задаются с предельными отклонениями – верхним  $ВOK_i$  и нижним  $НОK_i$ . Например,  $K_1 = 0,8^{+0,06}$ ,  $K_2 = 0,7 \pm 0,04$ ,  $K_3 = 0,9^{+0,01}_{-0,03}$  и др.

В этом случае имеется возможность вычислить предельную интервальную оценку  $Q$  для любого вида выборочной средней.

Например, для выборочной средней арифметической имеем интервал оценивания:

$$Q_{A\max} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (K_{i\text{ном}} + BOK_i),$$

$$Q_{A\min} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (K_{i\text{ном}} - HOK_i).$$

Однако, данный метод имеет явно завышенную величину интервала для всех видов выборочных средних, что ограничивает его применение для практических целей по экономическим соображениям.

**Вероятностный метод** – это метод вычисления количественной оценки качества продукции, учитывающий явление рассеяния действительных величин отклонений показателя  $K_i$ , а также вероятности сочетаний их действительных предельных отклонений в наборе элементов информации  $K_i[1, n]$ .

Т а б л и ц а 8.2

Значения коэффициента риска  $t_p$

	Количественные значения						
Процент риска $P$	32	10	4,5	1,00	0,27	0,10	0,01
Коэффициент риска $t_p$	1,00	1,65	2,0	2,57	3,00	3,29	3,89

Алгоритм расчета количественной оценки качества продукции представлен на рис. 8.1.

**Пример 1.** Качество экземпляра продукции характеризуется набором элементов информации:

$$K[1,6]: K_1 = 0,6^{+0,04}; K_2 = 0,8 \pm 0,03; K_3 = 0,7 \pm 0,03;$$

$$K_4 = 0,7_{-0,06}; K_5 = 0,9_{-0,03}^{+0,05}; K_6 = 0,6^{+0,04}$$

Определить интервал (допуск) количественного оценивания качества продукции вероятностным методом с процентом риска  $P=0,27\%$ .

Р е ш е н и е

1. Вычисляем номинальную величину оценки качества  $Q_{\text{ном}}$

$$Q_{\text{ном}} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n K_{\text{ном}} = \frac{0,6 + 0,8 + 0,7 + 0,7 + 0,9 + 0,6}{6} = \frac{4,3}{6} = 0,716$$

2. Определяем допуски на элементы информации  $K_i$

$$TK_1 = 0,04; TK_2 = 0,06;$$

$$TK_3 = 0,06; TK_4 = 0,06;$$

$$TK_5 = 0,08; TK_6 = 0,04.$$

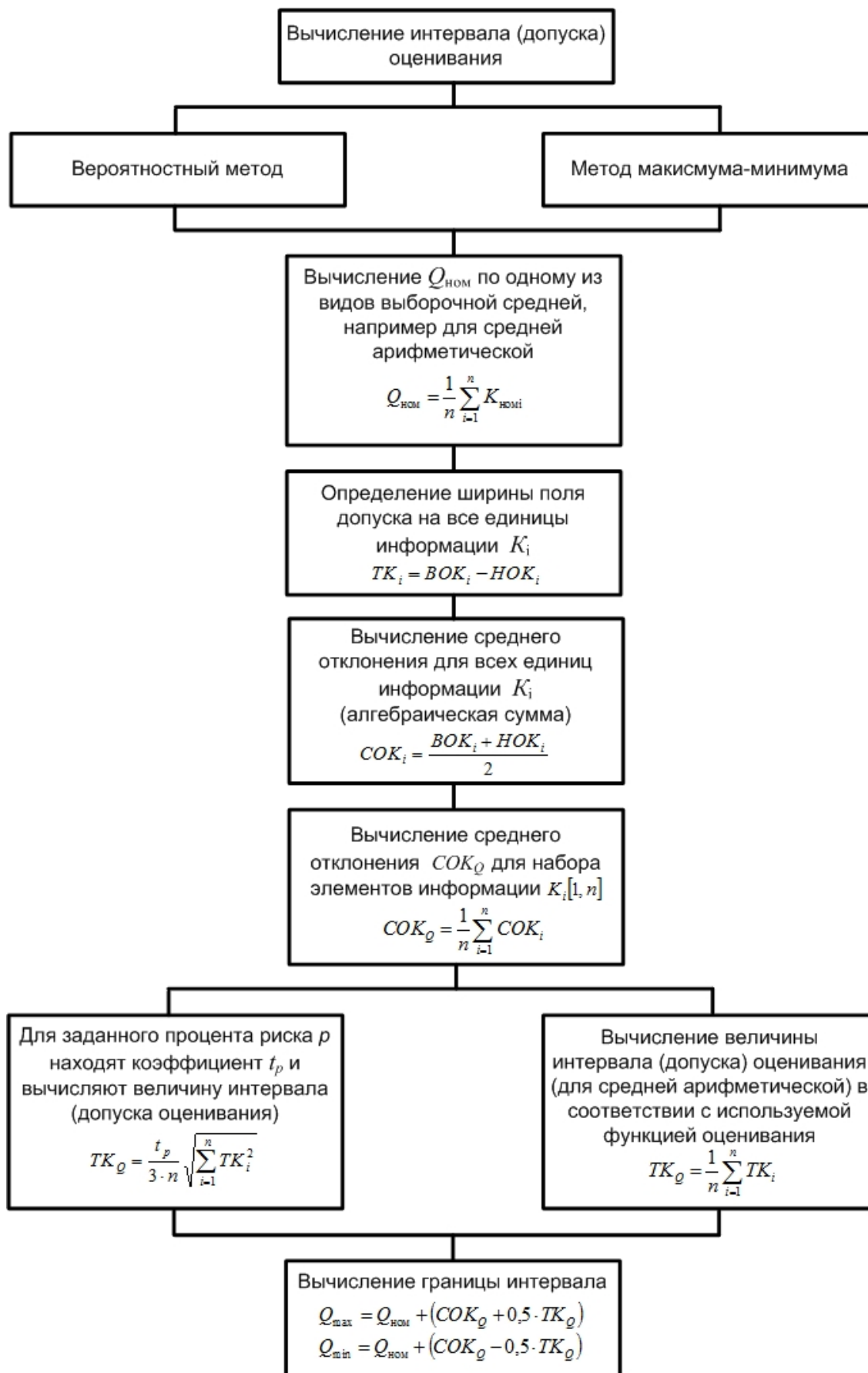


Рис. 8.1. Алгоритм расчета количественной оценки качества продукции

3. Вычисляем средние отклонения для отдельных элементов информации  $K_i$ :

$$COK_1 = 0,02; COK_2 = 0;$$

$$COK_3 = 0; COK_4 = -0,03;$$

$$COK_5 = 0,01; COK_6 = 0,02.$$

4. Вычисляем среднее отклонение для набора  $K[1,6]$ :

$$COK_Q = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n COK_i = \frac{0,02 + 0 + 0 + (-0,03) + 0,01 + 0,02}{6} = 0,003.$$

5. Для риска  $P=0,27\%$  по таблице находим коэффициент риска  $t_p = 3$  и вычисляем величину вероятностного интервала (допуска)

$$TK_Q = \frac{t_p}{3 \cdot n} \sqrt{\sum_{i=1}^n TK_i^2} =$$

$$= \frac{3}{3 \cdot 6} \sqrt{0,04^2 + 0,06^2 + 0,06^2 + 0,06^2 + 0,08^2 + 0,04^2} = 0,024.$$

6. Вычисляем вероятные границы интервала оценивания:

$$Q_{\max} = Q_{\text{ном}} + (COK_Q + 0,5 \cdot TK_Q) = 0,716 + (0,003 + 0,012) = 0,713,$$

$$Q_{\min} = Q_{\text{ном}} + (COK_Q - 0,5 \cdot TK_Q) = 0,716 + (0,003 - 0,012) = 0,707.$$

Следовательно, величина вероятностного интервала оценивания имеет значение в диапазоне  $Q[0,707;0,731]$ .

### **Пример 2**

Для условий примера 1 вычислить интервал оценивания для  $Q$  методом максимума-минимума

#### **Решение**

1. Вычисляем величину предельного интервала (допуска) оценивания:

$$TK_Q = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n TK_i = \frac{0,04 + 0,06 + 0,06 + 0,06 + 0,08 + 0,04}{6} = 0,056.$$

2. Вычисляем максимальное и минимальное значения интервала оценивания:

$$Q_{\max} = Q_{\text{ном}} + (COK_Q + 0,5 \cdot TK_Q) = 0,716 + (0,003 + 0,028) = 0,747,$$

$$Q_{\min} = Q_{\text{ном}} + (COK_Q - 0,5 \cdot TK_Q) = 0,716 + (0,003 - 0,028) = 0,691.$$

Следовательно, величина предельного интервала оценивания  $Q[0,691;0,747]$ .

Как видно из результатов рассматриваемых примеров для вероятностного метода величина интервала оценивания в 2,3 раза меньше, чем для метода максимума-минимума.



### 3. Интервальные оценки качества продукции, основанные на предельных неблагоприятных сочетаниях коэффициентов весоности

Для любых взвешенных выборочных средних всегда можно так подобрать коэффициенты весоности, чтобы для меньших величин  $K_i$  были выбраны меньшие значения  $M_i$ , а для больших величин  $K_i$  были выбраны большие значения  $M_i$  и наоборот.

Для такого варианта основная задача сводится тому, по какому признаку разделить  $K$  и  $M$  на меньшие и большие величины.

Известно, что номинальные значения  $M$  в функции оценивания могут быть определены:

- 1) экспертным методом,
- 2) методом аналитических закономерностей,
- 3) методом прямоугольных вкладов,
- 4) методом уменьшения неопределенностей,
- 5) методом попарного сопоставления и др.

При этом ни один из методов не гарантирует установление истинных величин  $q$ . Следовательно, любое перераспределение набора  $M_i$  [1;n] приведет к изменению величины точечной оценки может повлиять на результат оценивания.

Наиболее приемлемым решением для таких вариантов является вычисление гарантированного интервала оценивания, когда небольшие вариации коэффициентов весоности  $M$  на величину  $\pm \Delta M_i$ , не могут повлиять на результат оценивания, поскольку с вероятностью близкой к единице они будут расположены в границах этого интервала.

Рассмотрим методику определения такого интервала оценивания для функции оценивания вида:

$$Q_{BA} = \sum_{i=1}^n K_i \cdot M_i,$$

$$\sum_{i=1}^n M_i = 1,0.$$

Расположим величины  $M_i \cdot K_i$ , (аргументы) в прямой вариационный ряд по мере их увеличения, как показано на схеме рис.8.2.

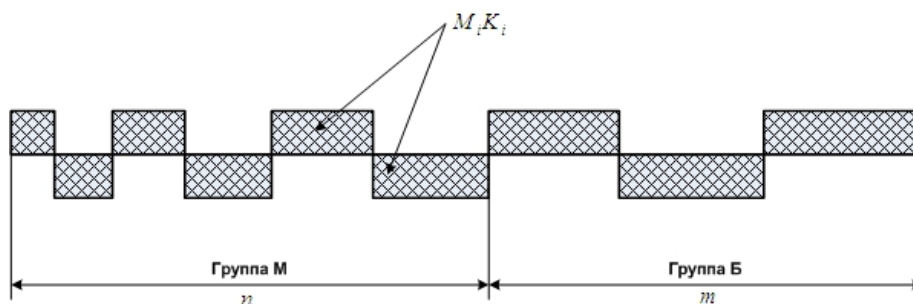


Рис.8.2. Вариационный ряд аргументов

Разделим этот вариационный ряд на две группа аргументов, так чтобы соблюдалось условие:

$$\left| \sum_{i=1}^n M_i \cdot K_i \right|_M \approx \left| \sum_{j=1}^m M_j \cdot K_j \right|_B \quad (8.3)$$

с разностью между этими группами не более  $\pm 0,05$ .

Выберем квалификацию исполнителей (низкую, среднюю или высокую) и по уровню квалификации из табл. 8.3. Определим допуски на коэффициенты весомости  $T_M$ , в зависимости от их номинальных величин и проверим соблюдение условия:

$$\left| \sum_{i=1}^n T_{Mi} \right|_M = \left| \sum_{j=1}^m T_{Mj} \right|_B. \quad (8.4)$$

Т а б л и ц а 8.3

Величина погрешности  $T_q$

Интервалы для $q_i$	Квалификация пользователя		
	Высокая $k=0,8$	Средняя $k=1,0$	Низкая $k=1,25$
От 0,01 до 0,02	0,01	0,02	0,03
От 0,02 до 0,04	0,02	0,03	0,04
От 0,04 до 0,06	0,03	0,04	0,05
От 0,06 до 0,08	0,04	0,05	0,06
От 0,08 до 0,10	0,05	0,06	0,08
От 0,10 до 0,15	0,06	0,08	0,10
От 0,15 до 0,20	0,08	0,10	0,12
От 0,20 до 0,50	0,10	0,12	0,16

Расположим допуски на коэффициенты весомости в самых неблагоприятных сочетаниях, что позволит вычислить границы интервала оценивания по формулам:

$$Q_{A\max} = \left| \sum_{i=1}^n (M_i - T_{Mi}) \cdot K_i \right|_M + \left| \sum_{j=1}^m (M_j + T_{Mj}) \cdot K_j \right|_B, \quad (8.5)$$

$$Q_{A\min} = \left| \sum_{i=1}^n (M_i + T_{Mi}) \cdot K_i \right|_M + \left| \sum_{j=1}^m (M_j - T_{Mj}) \cdot K_j \right|_B. \quad (8.6)$$

Аналогичные расчеты можно произвести и для других видов выборочных взвешенных. Для взвешенной геометрической расчет производится по формулам:

$$Q_{C\max} = \left| \prod_{i=1}^n K_i^{M_i - T_{Mi}} \right|_M \cdot \left| \prod_{j=1}^m K_j^{M_j + T_{Mj}} \right|_B, \quad (8.7)$$

$$Q_{C\min} = \left| \prod_{i=1}^n K_i^{M_i + T_{Mi}} \right|_M \cdot \left| \prod_{j=1}^m K_j^{M_j - T_{Mj}} \right|_B. \quad (8.8)$$

Для взвешенной гармонической расчет производится по формулам:

$$Q_{\Gamma\max} = \frac{1}{\left| \sum_{i=1}^n \frac{M_i - T_{Mi}}{K_i} \right|_M + \left| \sum_{j=1}^m \frac{M_j + T_{Mj}}{K_j} \right|_B}, \quad (8.9)$$

$$Q_{\Gamma\min} = \frac{1}{\left| \sum_{i=1}^n \frac{M_i + T_{Mi}}{K_i} \right|_M + \left| \sum_{j=1}^m \frac{M_j - T_{Mj}}{K_j} \right|_B}. \quad (8.10)$$

Смещенность оценок  $Q_{\max}$  и  $Q_{\min}$  вычисленных по разным видам взвешенных средних, может быть существенной. Снижение смещенности таких оценок достигают различными способами, из которых наиболее эффективным является способ композиции видов выборочных средних, как это использовалось для вычисления точечных оценок.

**Пример.** Для продукции с набором информации  $K_1=1,0$ ;  $K_2=0,52$ ,  $K_3=1,0$ ,  $K_4=0,25$ ,  $K_5=0,32$  и  $K_6=0,44$  с коэффициентами весомости  $M_1=0,32$ ,  $M_2=0,25$ ,  $M_3=0,12$ ,  $M_4=0,05$ ,  $M_5=0,08$  и  $M_6=0,18$  вычислить интервалы оценивания.

**Решение**

1. Располагаем аргументы функции оценивания в вариационный ряд:

$M_4K_4$	$M_5K_5$	$M_3K_3$	$M_6K_6$	$M_2K_2$	$M_1K_1$
$M_4 = 0,05$	$M_5 = 0,08$	$M_3 = 0,12$	$M_6 = 0,18$	$M_2 = 0,25$	$M_1 = 0,32$
<b>Группа М</b>				<b>Группа Б</b>	
$n$				$m$	

2. Разделяем аргументы на две группы **М** и **Б**, для которых

$$\left| \sum_{i=1}^4 M_i = 0,43 \right|_M \approx \left| \sum_{j=1}^2 M_j = 0,57 \right|_B.$$

3. Выбираем квалификацию исполнителя "средняя" и по табл. 7.3 находим допуски на коэффициенты весомости:

$$T_{M_4}=0,04; T_{M_5}=0,05; T_{M_3}=0,08; T_{M_6}=0,10; T_{M_2}=0,12; T_{M_1}=0,12.$$

3. Проверяем условие  $\sum_{i=1}^n |Tq_i|_M = \sum_{j=1}^m |Tq_i|_B$

$$\left| \sum_{i=1}^4 T_{Mi} = 0,27 \right|_M \neq \left| \sum_{j=1}^2 T_{Mj} = 0,24 \right|_B.$$

5. Производим корректировку наименьших величин допусков группы **М** уменьшением на величину 0,03 и окончательно принимаем:

$$T_{M_4}=0,03; T_{M_5}=0,04; T_{M_3}=0,07; T_{M_6}=0,10; T_{M_2}=0,12; T_{M_1}=0,12.$$

6. Вычисляем интервалы оценивания для взвешенной арифметической:

$$\begin{aligned} Q_{A\min} &= \left| \sum_{i=1}^n (M_i + T_{Mi}) \cdot K_i \right|_M + \left| \sum_{j=1}^m (M_j - T_{Mj}) \cdot K_j \right|_B = \\ &= \left| (0,05 + 0,03) \cdot 0,25 + (0,08 + 0,04) \cdot 0,32 + (0,12 + 0,07) \cdot 1,0 + \right. \\ &\left. + (0,18 + 0,1) \cdot 0,44 \right|_M + \left| (0,25 - 0,12) \cdot 0,52 + (0,32 - 0,12) \cdot 1,0 \right|_B = 0,630 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Q_{A\max} &= \left| \sum_{i=1}^n (M_i - T_{Mi}) \cdot K_i \right|_M + \left| \sum_{j=1}^m (M_j + T_{Mj}) \cdot K_j \right|_B = \\ &= \left| (0,05 - 0,03) \cdot 0,25 + (0,08 - 0,04) \cdot 0,32 + (0,12 - 0,07) \cdot 1,0 + \right. \\ &\left. + (0,18 - 0,1) \cdot 0,44 \right|_M + \left| (0,25 + 0,12) \cdot 0,52 + (0,32 + 0,12) \cdot 1,0 \right|_B = 0,735 \end{aligned}$$

7. Вычисляем интервалы оценивания для взвешенной гармонической:

$$\begin{aligned} Q_{\Gamma\max} &= \frac{1}{\left| \sum_{i=1}^n \frac{M_i - T_{Mi}}{K_i} \right|_M + \left| \sum_{j=1}^m \frac{M_j + T_{Mj}}{K_j} \right|_B} = \\ &= \frac{1}{\left( \left| \frac{0,05 - 0,03}{0,25} + \frac{0,08 - 0,04}{0,32} + \frac{0,12 - 0,07}{1,0} + \frac{0,18 - 0,1}{0,44} \right|_M + \right.} \\ &\left. + \left| \frac{0,25 + 0,12}{0,52} + \frac{0,32 + 0,12}{1,0} \right|_B \right)} = 0,63 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Q_{\Gamma\min} &= \frac{1}{\left| \sum_{i=1}^n \frac{M_i + T_{Mi}}{K_i} \right|_M + \left| \sum_{j=1}^m \frac{M_j - T_{Mj}}{K_j} \right|_B} = \\ &= \frac{1}{\left( \left| \frac{0,05 + 0,03}{0,25} + \frac{0,08 + 0,04}{0,32} + \frac{0,12 + 0,07}{1,0} + \frac{0,18 + 0,1}{0,44} \right|_M + \right.} \\ &\left. \left| \frac{0,25 - 0,12}{0,52} + \frac{0,32 - 0,12}{1,0} \right|_B \right)} = 0,51 \end{aligned}$$

Как видно из результатов расчета, интервалы оценивания имеют характерную смещенность как и для точечных оценок.

#### 4. Методика выполнения и оформления работы

4.1. Собрать исходные данные об объекте исследования (значение абсолютных показателей качества продукции).

4.2. Произвести расчет относительных показателей качества исследуемой продукции в сравнении с показателями качества базового образца.

4.3. Определить значения коэффициентов весомости свойств объекта.

4.4. Произвести расчет интервальной оценки качества продукции по предложенному преподавателем методу.

#### Вопросы для самоподготовки

1. Что такое интервальная оценка качества продукции?

2. Назовите методы получения интервальных оценок качества продукции.

3. В чем различие между методами получения интервальных оценок качества продукции максимума-минимума и вероятностным.

4. В чем суть метода получения интервальной оценки качества продукции, основанные на предельных неблагоприятных сочетаниях коэффициентов весомости?

## Практическое занятие № 9 ФОРМИРОВАНИЕ ПОТРЕБИТЕЛЬСКИХ СВОЙСТВ И КАЧЕСТВА ОБЪЕКТА НА ВСЕХ СТАДИЯХ ЕГО ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА (ПРОЕКТИРОВАНИЕ, ИЗГОТОВЛЕНИЕ, ХРАНЕНИЕ, ОБРАЩЕНИЕ, РЕАЛИЗАЦИЯ И ПОТРЕБЛЕНИЕ)

**Цель занятия:** ознакомиться с процедурой оценки уровня качества продукции на этапах жизненного цикла продукции.

### 1. Общие сведения

Кроме обобщенной оценки качества и технического уровня, часто определяют их значения для каждого этапа жизненного цикла изделия.

На стадии проектирования и конструирования рассчитывают нормативные показатели качества, а также перспективное значение технического уровня разрабатываемого изделия –  $U_p$ .

На стадии производства определяют уровень качества изготовления –  $U_{изг}$ .

На стадии обращения и реализации необходимо оценивать уровень качества готовой продукции  $U_{г.п}$  при ее обращении по соответствующим показателям сохраняемости и транспортабельности.

На стадии эксплуатации оценивают уровень качества изделия в процессе его эксплуатации –  $U_{экс}$ .

На последней стадии жизненного цикла оценивают уровень качества изделия в процессе утилизации  $U_{ут}$ .

В итоге, общий показатель уровня качества  $U_k$  может быть определен, как

$$U_k = U_p + U_{изг} + U_{г.п.} + U_{экс} + U_{ут}. \quad (9.1)$$

### 2. Оценка уровня качества разрабатываемого изделия

Стадия разработки нового изделия начинается с изучения потребности покупателей. На основании этого составляют технические требования на продукцию.

Стадия разработки продукции включает, на первом ее этапе, установление норм (предельных значений) показателей качества и разработку технического задания.

Основанием для принятия предельных значений показателей качества разрабатываемого изделия служат характеристики базовых образцов и

аналогов, требования отечественных и международных стандартов, технических условий, материалы НИР и ОКР, отзывы потребителей и т.п.

При проектировании и конструировании новой продукции заказчик задает необходимые значения основных технических параметров изделия. Разработчик изделия обоснованно принимает метод оценки и прогнозирования уровня. После этого определяют пределы или диапазоны показателей качества и этим формируют требования к качеству изделия.

При проектировании осуществляют оптимизацию параметров качества.

**Оптимальное проектирование** – это процесс определения значений основных параметров разрабатываемого изделия, обеспечивающих экстремальные (максимальные или минимальные) значения нескольких технико-экономических характеристик при условии, что другие характеристики удовлетворяют заданной совокупности требований.

Стадия разработки продукции включает в себя также создание технического проекта, изготовление и испытание опытных образцов, разработку рабочего проекта и полного комплекта технической документации в соответствии с требованиями ГОСТ, Единой системы конструкторской документации (ЕСКД), необходимой для постановки продукции на производство.

В процессе конструирования могут изменяться исходные параметры разрабатываемого изделия, которые были предписаны техническим заданием на разработку и в данном случае для контролирования являются исходными и базовыми. В связи с этим всегда есть необходимость оценить степень соответствия показателей качества окончательно сконструированного изделия с его первоначально заданными (базовыми) техническими и другими характеристиками.

Цель оценки качества на стадии разработки продукции заключается в определении меры соответствия значений отдельных параметров и различных показателей качества разработанной продукции достижениям научно-технического прогресса.

Качество новой продукции зависит от влияния каждого нововведения на соответствующий показатель качества  $X$ . Коэффициент влияния  $j$ -го нововведения в разрабатываемом изделии на значение показателя  $X_i$  определяется по формуле

$$K_{ij} = \frac{X_{ij}}{X_{i\text{баз}}}, \quad (9.2)$$

где  $X_{ij}$  – значение показателя  $X_i$  с учетом  $j$ -го нововведения;

$X_{i\text{баз}}$  – базовое значение показателя  $X_i$ ;

$j$  – порядковый номер нововведения.

### 3. Оценка уровня качества изготовления изделий

Цель оценки показателей качества и уровня качества продукции на стадии ее изготовления состоит в определении меры соответствия фактических значений параметров и показателей, характеризующих качество изготовленной продукции до начала ее эксплуатации или потребления, установленным требованиям конструкторской документации, стандартов, технических условий. Требуемый уровень качества продукции обеспечивается на стадии изготовления производственно-технологическими методами.

Обычно для определения уровня качества изготовления изделий используют коэффициент дефектности  $R_d$ . При известных коэффициентах дефектности уровень качества изготовления изделия  $Y_{изг}$  определяют по формулам:

– при стоимостном методе определения коэффициента дефектности

$$Y_{изг} = 1 - \frac{R_d}{C}, \quad (9.3)$$

– при балльном методе определения коэффициента дефектности

$$Y_{изг} = 1 - \frac{R_d}{R_{d\max}}, \quad (9.4)$$

В этих формулах

$C$  – производственная себестоимость изготовления одного изделия;

$R_{d\max}$  – максимально возможное значение  $R_d$  для данного изделия, которое находят как:

$$R_{d\max} = Z \cdot d, \quad (9.5)$$

где  $Z$  – максимальное значение коэффициента весомости в баллах, которое назначается наиболее существенному дефекту;

$d$  – максимально возможное количество наиболее существенных дефектов. Если дефект является критическим, то  $d=0$ .

Отсюда следует:

- при отсутствии дефектов  $Y_{изг}=1$ ;
- при предельно низком качестве изготовления изделий  $Y_{изг}=0$ .

### 4. Оценка уровня качества изделия в эксплуатации

Цель оценки качества продукции в эксплуатации заключается в определении меры соответствия фактических значений параметров и показателей качества в процессе эксплуатации изделий требованиям нормативно-технической документации. Эту оценку осуществляют для определения путей и способов более полного использования всех полезных свойств продукции, заложенных при ее создании.



Под уровнем качества изделий в эксплуатации понимают степень соответствия фактических значений показателей качества изделий в процессе их эксплуатации требованиям нормативно-технической документации.

Оценку уровня качества в эксплуатации проводят для более полного использования всех полезных свойств изделия, а также для получения необходимой информации об изменении показателей качества и его обобщенного уровня в процессе эксплуатации.

Под стадией эксплуатации понимается вся после производственная часть существования изделия, включающая использование по назначению, ремонты, транспортирование, хранение и т.п. Эксплуатация сопровождается постепенным ухудшением значений показателей качества изделий.

Оценку уровня качества эксплуатируемого изделия осуществляют так же путем сравнения фактических значений показателей качества (с учетом заданного срока эксплуатации) со значениями тех же показателей качества, достигнутых на стадиях разработки и изготовления. Количественную оценку уровня качества продукции в эксплуатации осуществляют по эксплуатационным показателям качества.

Иногда целесообразно определять комплексный показатель качества эксплуатации  $Z(t)_{\text{экс}}$  в виде суммарных финансовых затрат на работу изделия по назначению, обслуживание и ремонты, отнесенные к единице времени

$$Z(t)_{\text{экс}} = \left( \sum_{i=1}^m Z_i(t) + Z_m \right) / t, \quad (9.6)$$

где  $Z_i(t)$  – затраты на эксплуатацию изделия с наработкой  $t$ , отнесенные к единице времени и к  $i$ -му показателю качества;

$Z_m$  – затраты на восстановление значений показателей качества  $K_i$ ;

$m$  – число учитываемых показателей качества.

Уровень качества продукции на определенных этапах эксплуатации, оцениваемый, например, по затратам на эксплуатацию в сопоставимых периодах, находят так:

$$Y_{\text{экс}} = \frac{Z'(t)_{\text{экс}}}{Z(t)_{\text{экс}}}, \quad (9.7)$$

где  $Z(t)_{\text{экс}}$  – эксплуатационные затраты с наработкой  $t$  на момент оценки;

$Z'(t)_{\text{экс}}$  – затраты в предшествующий период с наработкой  $t$ .

По значениям  $Y_{\text{экс}}$ , полученным в разное время, можно построить зависимость изменения  $Y_{\text{экс}}$  при эксплуатации (или использовании) изделия.

## 5. Оценка уровня качества изделия при его утилизации

Цель оценки качества изделия на стадии утилизации состоит в определении степени соответствия изделия требованиям безопасности персонала

при его утилизации, степени вредного влияния процесса утилизации изделия на окружающую среду и степень экономичности процесса утилизации.

Оценку уровня качества изделия на стадии его утилизации осуществляют по показателям эффективности процесса утилизации. Целесообразно определять комплексный показатель качества утилизации в виде суммарных финансовых затрат по всем составляющим процесса утилизации  $Z(t)_{\text{утил}}$ , отнесенных к единице времени

$$Z(t)_{\text{утил}} = \sum_{i=1}^n Z_{\text{б.перс}} + Z(t)_{\text{ок.ср}} + (Z_{\text{утил}} - \sum O_{\text{возвр}}), \quad (9.8)$$

$\sum_{i=1}^n Z_{\text{б.перс}}$  – затраты на обеспечения безопасности выполнения персоналом

всех  $i$ -х работ по утилизации изделия;

$Z(t)_{\text{ок.ср}}$  – затраты на снижение (ликвидацию) вреда окружающей среде при утилизации изделия, отнесенные к единице времени;

$Z_{\text{утил}}$  – затраты, связанные с утилизацией изделия (затраты и исследование способов утилизации, изготовление средств утилизации, демонтаж и разработку, транспортные расходы, изготовление специальных контейнеров и т.д.)

$\sum O_{\text{возвр}}$  – стоимость используемых остаточных ресурсов утилизированного изделия (общего лома, и других компонентов для дальнейшего использования с пониженными требованиями в эксплуатационных свойствах).

Уровень качества изделий на стадии утилизации оценивают отношением суммарных финансовых затрат процесса утилизации по сравниваемым изделиям (с базовым образцом-аналогом)

$$Y_{\text{утил}} = \frac{Z(t)_{\text{утил}i}}{Z(t)_{\text{утил.баз}}}, \quad (9.9)$$

где  $Z(t)_{\text{утил}i}$  – суммарные финансовые затраты процесса утилизации оцениваемого  $i$ -го изделия, отнесенные к единице времени;

$Z(t)_{\text{утил.баз}}$  – суммарные финансовые затраты процесса утилизации базового изделия (аналога), отнесенные к единице времени.

## 6. Методика выполнения и оформления работы

6.1. Собрать исходные данные об объекте исследования (значение абсолютных показателей качества продукции).

6.2. Произвести оценку качества продукции на одном из этапов его жизненного цикла, в соответствии с заданием преподавателя.

### Вопросы для самоподготовки

1. Какова процедура оценки уровня качества продукции на этапах ее жизненного цикла?

2. Что Вы понимаете под стадией эксплуатации?

3. Каким образом оценивается уровень качества продукции на этапе изготовления?
4. В чем особенности определения уровня качества продукции на этапе ее утилизации?
5. Что такое оптимальное проектирование?

Практическое занятие № 10  
ПОДГОТОВКА И ОФОРМЛЕНИЕ ДОКУМЕНТА  
О РЕЗУЛЬТАТАХ ОЦЕНКИ УРОВНЯ КАЧЕСТВА  
ИЗУЧАЕМОГО ОБЪЕКТА

**Цель занятия:** ознакомиться с процедурой подготовки и оформления заключения по результатам оценки уровня качества исследуемого объекта.

## 1. Основные сведения

В заключении об уровне качества промышленной продукции указывается результат оценки и дается его обоснование. После анализа и выполнения оценки в зависимости: от поставленных целей и полученных результатов подготавливаются предложения для принятия решения по разработке, постановке на производство или: по совершенствованию изделия. Решения принимаются соответствующими руководителями по результатам оценки с учетом дополнительно проводимых технико-экономических исследований и обоснований наилучшего варианта из подготовленных и изложенных в заключении предложений.

Обычно заключение о техническом уровне изделия состоит из шести разделов.

В *первом* разделе указывают:

*а* – назначение и краткую характеристику области применения изделия;

*б* – обозначение документа, в соответствии с которым изделие поставляют потребителю;

*в* – наименование предприятия или организации – разработчика конструкторской документации на данное изделие;

*г* – наименование предприятия – изготовителя изделия и его адрес или только его условное наименование;

*д* – дату постановки изделия на промышленное производство;

*е* – дату проведения аттестации качества и результаты сертификации;

*ж* – дополнительные сведения об изделии.

Во *втором* разделе указывают:

*а* – наименования и единицы измерения показателей качества принятых для оценки уровня качества данного изделия;

*б* – значения показателей качества, взятых из технического задания, технических условий или других конструкторских документов на данное изделие, либо среднестатистические данные производства и эксплуатации изделий;

*в* – значения базовых показателей качества и соответствующие номера источников информации, записываемых в пятом разделе, в том числе: значения показателей качества, предусмотренные в действующих стандартах на данное изделие; значения показателей качества перспективного образца, значения показателей качества отечественных и лучших зарубежных аналогов ведущих фирм, которые освоены и выпускаются производством не более трех лет, с указанием страны, фирмы или предприятия-изготовителя, модель изделия и год постановки его на производство;

*г* – значения относительных показателей качества по отношению к показателям перспективного образца или по отношению к показателям аналогов; здесь же приводят значения относительных показателей, получаемых дифференциальным, комплексным или смешанным методом определения уровня качества.

Выявление номенклатуры и выбор методики определения относительных показателей качества, номенклатуры и численных значений иных показателей качества следует проводить по отраслевым методикам, разработанным предприятием или организацией, которые являются ведущими в разработке или производстве данного вида изделия. Содержание этих методик должно соответствовать требованиям стандартов на качество продукции.

В случае отсутствия аналогичных изделий используют данные из официальных источников информации, сведения о комплектующих составных частях изделия и другую информацию. Если показатели аналогов ниже показателей качества, установленных действующими стандартами, то данные этих стандартов принимают за показатели аналога.

В *третьем* разделе указывают наименования стран, являющихся возможными потребителями данного изделия. Отмечают также страны, являющиеся передовыми в части производства изделий данного вида. В этом же разделе отражают патентно-правовые показатели.

В *четвертом* разделе по итогам анализа показателей качества и уровня качества оцениваемого изделия и при необходимости повышения уровня качества изделия по отдельным показателям качества, указывают планируемые значения этих показателей и сроки их достижения. Этот раздел заполняют по данным, полученным при сертификации изделия и при разработке мероприятий по повышению уровня качества.

В *пятом* разделе отражают источники информации (стандарты, журналы, патентные описания, каталоги, обзоры, фирменные проспекты, отчеты о сравнительных испытаниях, данные об эксплуатации и т.д.). При этом указывают: порядковый номер источника; автора или авторов; обозначение, наименование и номер выпуска источника; место, издательство и год выпуска; номера страниц, на которые даются ссылки, или общее количество страниц в источнике. Наименование иностранных источников информации и фирм записываются, как правило, на языке оригинала.

В *шестом* разделе указывают сведения и численные данные, характеризующие общую оценку уровня качества изделия. Кроме того, приводят обоснованные предложения о целесообразности дальнейшего производства, модернизации изделия или снятия его с производства с указанием сроков выполнения предложений.

В случае, когда оцениваемое изделие уступает требуемому уровню и есть необходимость его модернизации, то в заключении должно быть указано, в каком направлении необходимо вести работы, и предложены варианты совершенствования изделия.

Методика формирования вариантов совершенствования оцененного по техническому уровню изделия следующая:

1. Производят выборку тех показателей качества оцениваемого изделия, которые снижают значение итогового показателя технического уровня изделия.

2. Задается величина шага улучшения значений по каждому из выбранных показателей.

3. Последовательно изменяются значения разных показателей качества изделия на один, два и т. д. шагов.

4. Каждый вариант улучшения проверяется на соответствие мировому уровню. При этом:

– если соответствие мировому уровню данным вариантом достигается, то он фиксируется и значения его показателей больше не изменяются;

– если соответствие мировому уровню данным вариантом не достигается, то значения выбранных показателей качества последовательно задаются на их улучшение до того, как будет получено численное соответствие их мировому уровню.

5. Формируются все возможные варианты совершенствования изделия до заданного уровня с минимальными улучшениями значений его показателей качества.

Процедура формирования вариантов совершенствования изделий осуществляется по специально разрабатываемой программе.

## 2. Методика выполнения и оформления работы

2.1. Собрать исходные данные об объекте исследования (продукции).

2.2. Произвести оценку качества продукции.

2.3. Подготовить документ о результатах оценки уровня качества продукции.

### Вопросы для самоподготовки

1. Что такое уровень качества продукции?

2. Каковы требования к структуре документа о результатах оценки уровня качества продукции?

3. В чем заключается методика формирования вариантов совершенствования оцененного по техническому уровню изделия?

## Практическое занятие № 11 МЕТОДЫ КВАЛИМЕТРИИ И ИХ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ В УПРАВЛЕНИИ КАЧЕСТВОМ

**Цель занятия:** ознакомиться с методами квалиметрии, используемыми в управлении качеством, а также методами обеспечения, стимулирования и контроля качества продукции (услуг).

## 1. Роль квалиметрии в управлении качеством

Интенсивное развитие квалиметрии в последние годы связано с массовостью задач по оценке качества, постоянно возникающих в практике управления. Среди них наиболее важны следующие:

- прогнозирование потребностей, технического уровня и качества;
- разработка методов определения численных значений показателей качества;
- определение оптимальных показателей качества, их нормирование, разработка ТУ и стандартов на новую продукцию;
- определение научно-технического уровня НТД;
- расчет и принятие конкурентоспособной цены продукции;
- установление рынков сбыта и целесообразности выхода на рынок;
- планирование разработки и освоения новых видов продукции;
- определение наиболее рациональных путей повышения и обеспечения качества;
- оценка качества труда исполнителей, подразделений и т.п.;
- определение коммерческой перспективности, обоснование модернизации и/или снятия с производства продукции;
- выбор моделей сертификации продукции и СМК;
- проведение внешними организациями оценок СМК смежников и поставщиков (сырья, материалов, комплектующих деталей и т.п.);
- проведение внутренних оценок своих СМК и ее различных подсистем;
- сертификация СМК;
- аттестация производства;
- выбор продукции при ее приобретении (например, при закупке оборудования, станков, приборов, материалов);
- определение и создание оптимальных условий хранения, транспортирования и восстановления продукции;
- изучение динамики качества и конкурентоспособности продукции.

Очевидно, что перечисленные задачи далеко не исчерпывают всей проблематики и роли квалиметрии в управлении качеством.

## 2. Общие подходы и методы работы по качеству

Качество зависит от многочисленных и разнообразных факторов технического, экономического, социально-психологического характера. Фирмы, ведущие целенаправленную, продуманную политику повышения качества своей продукции и услуг, используют для достижения поставленных целей большой арсенал методов, инструментов и средств. Условно они могут быть сгруппированы в три блока.

- 1) Методы обеспечения качества;
- 2) Методы стимулирования;
- 3) Методы контроля.

**К методам обеспечения качества** относятся, прежде всего, инженерно-математические методы, используемые для анализа и регулирования процессов на всех стадиях жизненного цикла продукции (разработка, изготовление, испытания, эксплуатация и т.д.), а также для отработки характеристик (планирование эксперимента, обеспечение надежности, анализ отказов).

**К методам стимулирования** относятся как обычные методы мотивации, так и специально разработанные для улучшения качества (проводимые в странах и во всемирном масштабе компании качества, национальные премии по качеству и т.д.).

**К методам контроля** относятся методы оценки качества продукции, например через анализ экономических показателей, через проверку документации, как на продукцию, так и на систему качества. И, наконец, контроль качества самой продукции.

Отдельные методы одновременно относятся к разным блокам. Так, статистические методы являются одновременно и методами контроля, и методами обеспечения качества.

Такой метод работы, как кружки качества, одновременно позволяет решать какие-то проблемы качества и является великолепным средством стимулирования творческой активности всех сотрудников фирмы. А получившие широкое распространение в последние годы методы самоконтроля и самооценки могут быть отнесены с равным основанием ко всем трем блокам.

В качестве примера рассмотрим кратко некоторые из методов.

**Кружки качества.** Анализ показывает, что выпуск недоброкачественной продукции нередко происходит из-за недостаточной квалификации рабочих, отсутствия необходимого социально-психологического климата в бригадах, участках и цехах, слабого использования всех рычагов повышения активности трудящихся.

Кружки качества призваны решать одновременно две задачи:

- массовое обучение работников предприятия конкретным методам и приемам повышения качества продукции;
- использовать творческие способности людей для решения проблем производства.

Зарубежный опыт показывает, что для успешной работы кружков качества нужна система обеспечивающих мероприятий, включающая:

1) поддержку первого руководителя. Ему отводится особая роль в организации всей деятельности по обеспечению качества продукции на предприятии. Без внимания директора к кружкам качества невозможно их успешное функционирование, наступает спад активности;

2) инженерное обеспечение: создание производственных условий, помощь в выборе тематики, обучение приемам работы, поиск решений; активная работа "штабов кружков качества", координационных советов по всем уровням управления на фирме;



3) систему сбора, рассмотрения и внедрения предложений кружков, контроль за этим процессом со стороны администрации;

4) систему обмена передовым опытом как внутри предприятия, так и в региональном, отраслевом и общенациональном масштабе;

5) систему поощрений (и не только материальных): призы лучшим кружкам и т.п.

Необходимо стремиться к неформальному объединению людей с психологической совместимостью, с учетом возраста, интересов, квалификации.

Наилучшие результаты достигаются тогда, когда в кружок качества входит от 5 до 15 человек, работающих на одном производственном участке и связанных одним технологическим циклом.

Для управления кружком из числа его участников избирается руководитель. Это преимущественно неформальный лидер, хотя и не исключен вариант, когда руководителем кружка становится старший по производственным обязанностям (бригадир или мастер).

Кроме того, должен быть назначен куратор кружка от администрации, который поддерживает и организационно обеспечивает его работу, помогает руководителю в управлении, сборе необходимой информации, подготовке предложений и отчетов.

Процесс обучения имеет особое значение для успешной деятельности кружков качества. Отдача от этих творческих объединений может быть получена не сразу после их создания. Объективно требуется совершенно определенный и довольно продолжительный (не менее 3 месяцев) период, прежде чем заработает творческая лаборатория единомышленников.

Наличие кружков качества на всех уровнях управления и во всех подразделениях предприятия создает условия саморегулирования процесса их работы и контроля исполнения.

Наиболее полный цикл работы кружка качества приведен на рис.11.1.



**Метод самоконтроля.** Обычный контроль качества имеет следующие негативные последствия:

- не повышает качества, а предназначен лишь для отделения плохого от хорошего;
- не способствует повышению ценности, однако повышает расходы;
- нужен только там, где процессы освоены ненадежно (исключение-проверка безопасности изделий);
- не обеспечивает совершенствования изделий, процессов и методов работы.

Переход на принципы всеобщего управления качеством позволяет по-другому построить производственные взаимоотношения. Основным правилом работы становится постоянное удовлетворение всех требований потребителя за счет совершенствования своей деятельности. При этом под потребителем понимаются покупатели внутри страны и покупатели за рубежом, дилеры, а также все смежные подразделения и исполнители внутри производства собственной фирмы, т.е. реализуется принцип японских специалистов по качеству: "исполнитель последующей технологической операции – твой потребитель".

Улучшение собственной работы обеспечивается за счет правильного, грамотного руководства, с одной стороны, и сознательного поведения каждого работника фирмы, его добросовестного отношения к делу с другой.

## 2. Методика выполнения и оформления работы

- 2.1. Выбрать предприятие-изготовитель.
- 2.2. Произвести анализ выпускаемой продукции.
- 2.3. Осуществить анализ существующих методов обеспечения и контроля качества продукции.
- 2.4. Разработать рекомендации по обеспечению качества выпускаемой продукции.

### Вопросы для самоподготовки

1. Роль квалиметрии в системе управления качеством.
2. Какова основная задача кружков качества?
3. Что относится к методам обеспечения качества?
4. Что такое методы контроля качества?
5. Что Вы понимаете под методами стимулирования?

## Практическое занятие № 12

### ОПРЕДЕЛЕНИЕ СТРУКТУР, ВХОДЯЩИХ В СМК, ИХ БИЗНЕС-ФУНКЦИЙ (ПРОЦЕССОВ) И МЕТОДОВ РАБОТ

**Цель занятия:** получить необходимые знания и сформировать навыки определения процессов систем менеджмента качества.

#### 1. Разработка и описание процессов системы менеджмента качества

В соответствии с методологией, предусмотренной стандартами ИСО серии 9000 для успешного функционирования организация должна определить и осуществлять менеджмент многочисленных взаимосвязанных видов деятельности. Деятельность, использующая ресурсы и управляемая в целях преобразования входов в выходы, может рассматриваться как процесс. Часто выход одного процесса образует непосредственно вход следующего. Применение в организации системы процессов наряду с их идентификацией и взаимодействием, а также менеджмент процессов, направленный на получение желаемого результата, могут быть определены как "процессный подход".

Преимущество процессного подхода состоит в непрерывности управления, которое он обеспечивает на стыке отдельных процессов в рамках их системы, а также при их комбинации и взаимодействии.

При применении в системе менеджмента качества такой подход подчеркивает важность:

- а) понимания и выполнения требований;
- б) необходимости рассмотрения процессов с точки зрения добавляемой ими ценности;
- в) достижения запланированных результатов выполнения процессов и обеспечения их результативности;
- г) постоянного улучшения процессов, основанного на объективном измерении.

Для каждого процесса устанавливается система его управления с обязательным измерением параметров и характеристик. При этом должны быть определены критерии качества процесса. В рамках каждого процесса следует определить список выполняемых ключевых работ (операций), организовать и вести мониторинг затрат на эти работы и в установленные периоды составлять отчет о затратах на этот процесс.

Должна быть построена единая сеть взаимосвязанных процессов организации. Требования процессного подхода к разработке, внедрению и поддержанию в рабочем состоянии системы управления качеством изложены в ГОСТ ISO 9001-2011 (п. 4.1). Их состав и порядок определяют

структуру с охватом всех процессов, необходимых для системы управления качеством, и логическую последовательность деятельности по реализации процессного подхода.

Алгоритм разработки процесса представлен на рис. 12.1.

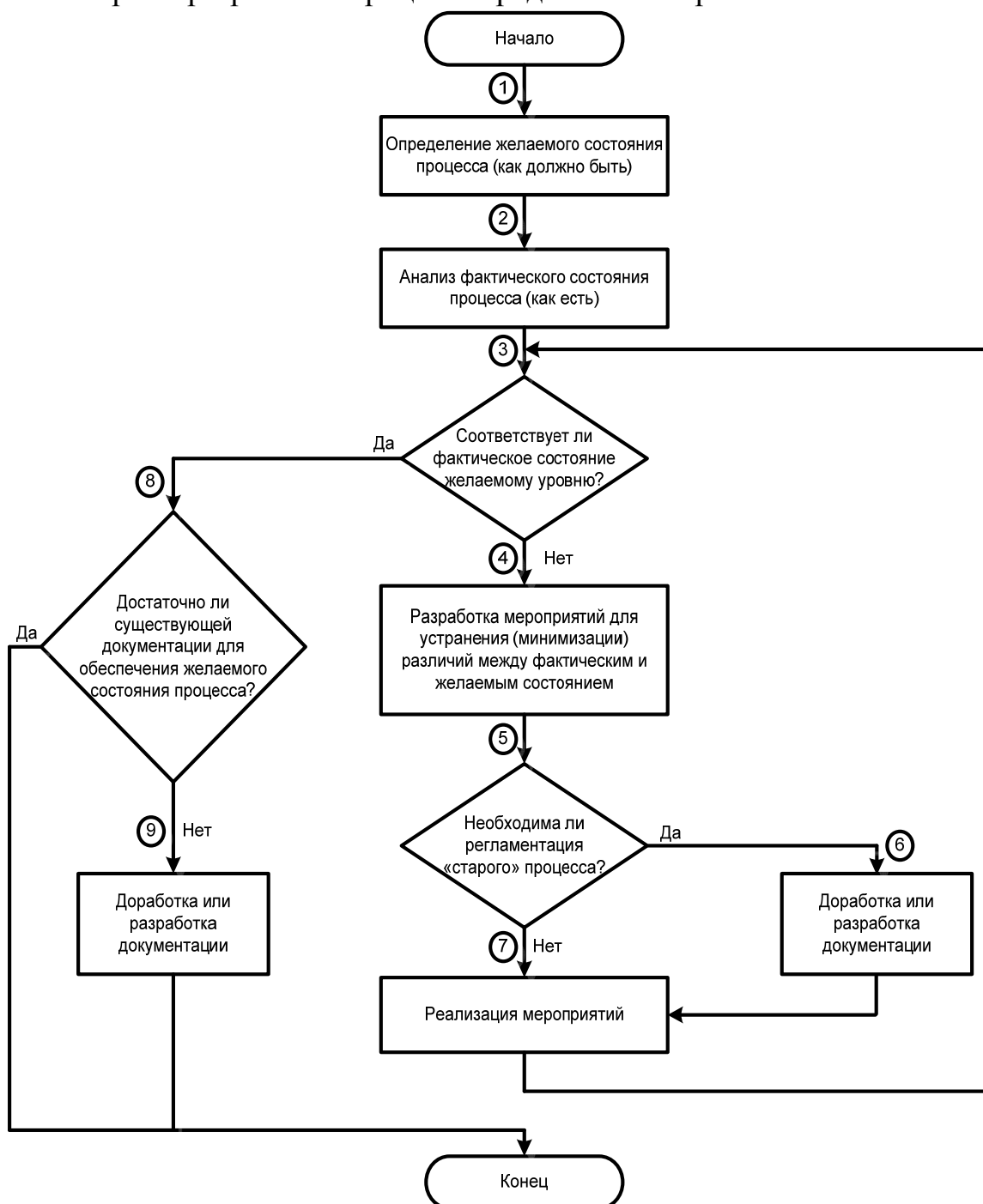


Рис. 12.1. Блок-схема алгоритма разработки процесса

Согласно стандарту ГОСТ ISO 9001-2011 (п. 4.1) организация должна:

- а) определять процессы, необходимые для системы менеджмента качества, и их применение во всей организации;
- б) определять последовательность и взаимодействие этих процессов;

в) определять критерии и методы, необходимые для обеспечения результативности как при осуществлении этих процессов, так и при управлении ими;

г) обеспечивать наличие ресурсов и информации, необходимых для поддержания этих процессов и их мониторинга;

д) осуществлять мониторинг, измерение, там, где это возможно, и анализ этих процессов;

е) принимать меры, необходимые для достижения запланированных результатов и постоянного улучшения этих процессов.

В целом описание процессов СМК можно представить в табличной форме (табл. 12.1).

Т а б л и ц а 1 2 . 1

Описание процессов СМК

№ п/п	Номер пункта стандарта, ГОСТ Р ИСО 9001-2011	Содержание требований стандарта ГОСТ Р ИСО 9001-2011	Ответственный за выполнение данных требований в организации (подразделение, главный специалист)	Наименование требуемого или существующего процесса	Документированные процедуры и записи о качестве	
					наименование документарной процедуры	наименование записи о качестве

На рис. 12.2 представлен один из вариантов обобщенной карты основных процессов на предприятии строительной индустрии. Выделено пять групп процессов:

- процессы организации СМК;
- процессы общего менеджмента;
- процессы обеспечения ресурсами;
- процессы управления производством,
- процессы измерения, анализа и улучшения.

Для описания реализации и взаимодействия процессов необходимо указать:

- что (какой объект/объекты) является входом данного процесса;
- выходом какого (предыдущего) процесса является данный объект на входе;
- кто из работников предыдущего процесса (должность) осуществляет подачу данного объекта на вход и несет ответственность за это действие;
- кто (должность) осуществляет приемку данного объекта в данном процессе;
- кто (должность) отвечает за данный процесс и за превращение входа в выход;
- кто (должность) принимает участие в процессе;

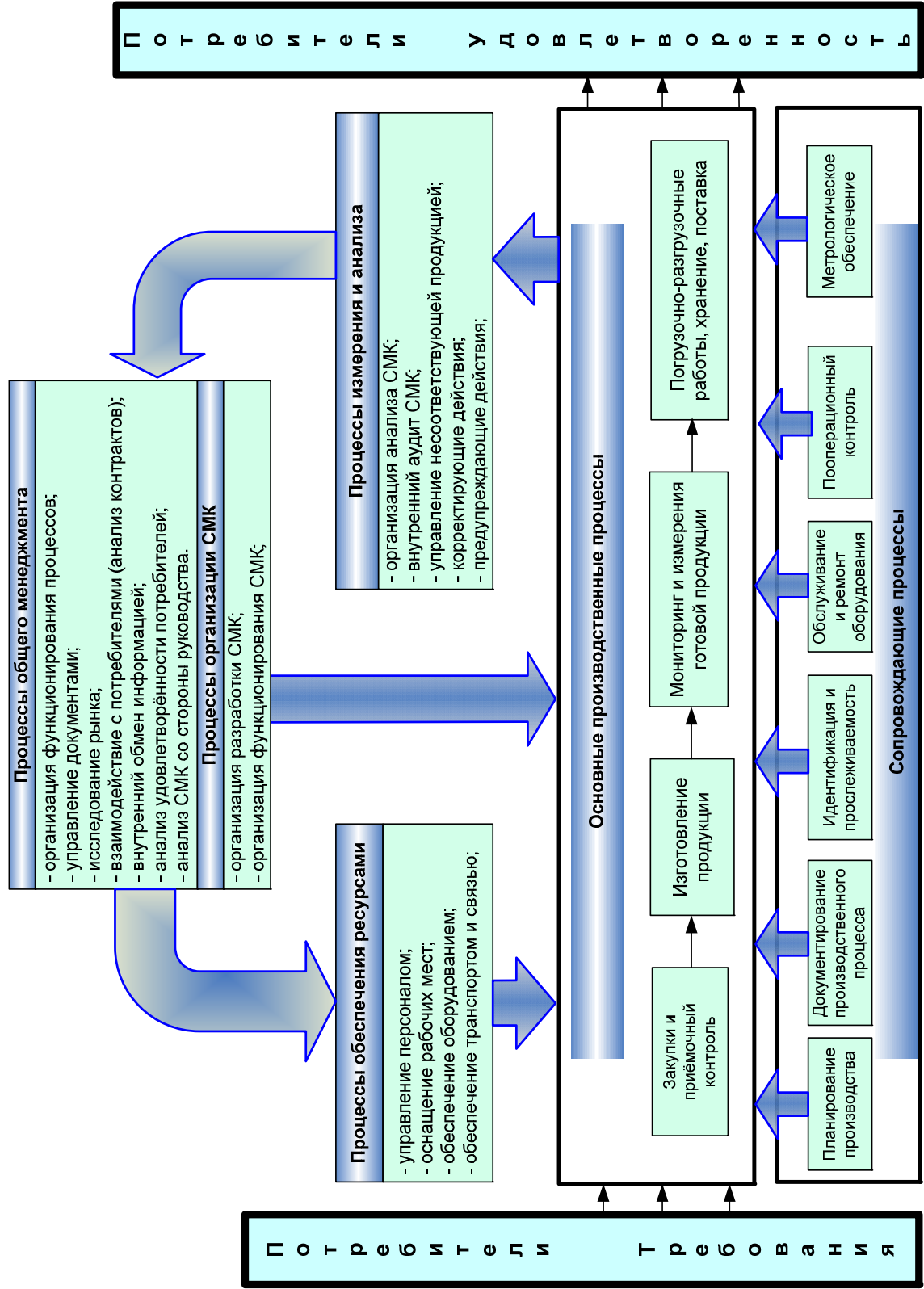


Рис. 12.2. Обобщенная карта основных процессов

- что (какой объект/объекты) являются выходом данного процесса;
- каков алгоритм (технология) превращения входа в выход;
- входом какого (последующего) процесса является данный объект на выходе; если выход данного процесса параллельно передается на вход нескольких последующих процессов, то указывается все последующие процессы;
- кто из работников данного процесса (должность) осуществляет подачу данного объекта (выхода) на вход последующего процесса;
- кто (должность) осуществляет приемку данного объекта на входе последующего процесса;
- какие действия (контроль и т.п.) и кем (должность) проводятся при передаче, описанной выше;
- каким образом (документом) идентифицируется факт передачи, описанной выше;
- какие последующие действия (оплата, предоставление информации, выражение претензии и т.д.), кем (должность) и в какие сроки должны (или могут) проводиться после передачи, описанной выше;
- каким образом определяется результативность процесса, в том числе добавленная ценность;
- каким образом (при необходимости, определяемой решением высшего руководства) определяется эффективность процесса.

## 2. Методика выполнения и оформления работы

1. Выбрать в качестве объекта для разработки и внедрения системы менеджмента качества предприятие (организацию).
2. Изучить алгоритм разработки процесса.
3. Сформировать план разработки процессов СМК.
4. Выделить основные группы процессов.
5. Распределить ответственность должностных лиц за процессы СМК.
6. Описать процедуру реализации и взаимодействия процесса (на выбор обучающегося).

## 3. Вопросы для самоподготовки

1. Преимущества процессного подхода в рамках создания системы менеджмента качества.
2. Структура и содержание плана разработки процессов СМК.
3. Что должно быть включено в перечень структуры документации СМК в соответствии с требованиями ГОСТ ISO 9001-2011.
4. Какие обязательные процедуры должны выполняться на предприятии применительно к процессам СМК.
5. Группы процессов при описании систем менеджмента качества.
6. Принципы распределения ответственности должностных лиц за процессы СМК.
7. Описание реализации и взаимодействия процессов СМК.



# Практическое занятие № 13

## ОБЕСПЕЧЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОГО ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ СИСТЕМ МЕНЕДЖМЕНТА КАЧЕСТВА И СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ РАБОТ В ОБЛАСТИ КАЧЕСТВА ПРОДУКЦИИ

**Цель занятия:** получить необходимые знания и сформировать навыки оценки эффективности систем менеджмента качества.

### 1. Основные сведения

Одним из эффективных инструментов повышения конкурентоспособности продукции является создание системы менеджмента качества на предприятии. В этих условиях особое внимание уделяется оценке эффективности процессов и всей системы в целом.

Упрощенно любую систему менеджмента качества можно представить в виде четырех составляющих: процессы, продукция, документы и ресурсы. Каждая их четырех категорий может оцениваться собственными критериями.

#### 1. Процессы:

– привлечение квалифицированных специалистов: специалист должен быть квалифицированным и должен быть в состоянии исследовать и анализировать собранную информацию, также как и предлагать способы улучшения качества и безопасности продукции;

– приобретение нового измерительного оборудования: оборудование для измерений необходимо для обеспечения свидетельства соответствия продукции установленным требованиям. Приобретение необходимого количества высококачественных приборов, сделанные по самым последним разработкам, дает гарантию достоверности информации, получаемой с помощью этого измерительного оборудования.

– постоянный состав персонала: стабильность состава персонала является существенной предпосылкой роста производительности труда и эффективности производства. Для эффективного функционирования предприятия необходимо сформировать сильную команду, которая способна поддерживать его высокий профессиональный авторитет. Реализация всех возможностей, заложенных в новых методах управления, зависит от конкретных людей, от их знаний, компетентности, квалификации, дисциплины, мотивации, способности решать проблемы, восприимчивости к обучению;

– возможность травматизма: создание безопасных условий труда на предприятии является немаловажным фактором. Грамотная организация автоматизации процессов и организации труда, наличие при необходимости ограждений, защищающих рабочих от опасных производственных

факторов, хорошее освещение, наличие хорошо организованных инструктажей рабочих и их обучение безопасным методам работы, выполнение всех санитарных норм уменьшает процент травматизма на производстве. Выполнение норм технологического режима является обязательным для обслуживающего персонала, так как это обеспечивает не только надлежащее качество готовой продукции, но и сохранность оборудования и безопасность работы;

– состояние производственного оборудования: поддержание рабочих процессов в рамках спецификаций и на заданном уровне качества требует поддержания функциональности производственного оборудования на высшем уровне. Такое оборудование должно обеспечивать безопасность работающих при монтаже (демонтаже), вводе в эксплуатацию, как в случае автономного использования, так и в составе технологических комплексов при соблюдении требований (условий, правил), предусмотренных эксплуатационной документацией.

## 2. Организация:

– повышение компетентности персонала: компетентность – способность специалиста решать определенный класс профессиональных задач. Персонал, который выполняет работу, влияющую на качество продукции, должен быть компетентен на основе соответствующего образования, подготовки, навыков и опыта. Способность специалиста выполнять профессиональные обязанности определяется физическим и моральным состоянием, профессиональным обучением, получаемым в организации и потенциалом, которым он располагает. Таким образом, профессиональная компетентность персонала это – совокупность профессиональных знаний, умений, навыков приобретаемых в процессе трудовой деятельности персонала, которые способствуют выполнению функциональных обязанностей с высокой продуктивностью. Процесс ее развития и совершенствования понимается как целенаправленная деятельность сотрудника по приобретению определенных компетенций в соответствии с современными условиями труда и предъявляемыми профессиональными требованиями. Мотивация и влияющая на нее развитие профессиональная компетентность персонала к достижениям результатов служат связующим звеньям, объединяющим все уровни мотивации в единую систему, способную обеспечить привлечение и удержание талантливых работников, а также рациональное использование их личностного и группового потенциала;

– вовлечение персонала в создание системы: сущность принципа «вовлечение персонала» в системах менеджмента качества состоит в том, что работники всех уровней составляют основу организации, и их полное вовлечение дает возможность организации с выгодой использовать их способности. Основные направления работы организации, необходимые для вовлечения персонала и, соответственно, высокой результативности

СМК и аналогичных ей систем менеджмента различных объектов (экологии, социальной ответственности и т.п.):

- организация процессов информирования и обмена информацией;
- обучение персонала и поддержание компетентности;
- создание благоприятных условий для выполнения должностных обязанностей персонала, включая владельцев процессов;
- разработка механизмов мотивации и стимулирования, как для рядовых сотрудников, так и для владельцев процессов, адекватных размерам и структуре предприятия, уровню развития предприятия, характеристикам внешней среды и т.д.;

– повышение эффективности за счет устранения лишних функций и брака: главной задачей внедрения СМК является недопустимость ошибок в работе, которые могли бы привести к появлению брака или плохому качеству продукции. Для этого необходимо разработать инструкцию по выполнению правильных действий и контролировать их. Устранение лишних функций и снижение доли некачественной продукции являются важными факторами для развития предприятия;

– улучшение отношений потребителя с поставщиком (количество реклам или увеличение объема продаж): предприятие, стремящееся к увеличению объемов продаж и доходов, должно уделять достаточное количество времени и ресурсов поиску и привлечению новых потребителей. Вместе с тем необходимо удерживать имеющихся потребителей с помощью создания условий, препятствующих обращению к другим поставщикам, и полного удовлетворения потребителя. Разрабатывая рекламные сообщения и распространяя их среди потенциальных клиентов, предприятие расширяет круг своих потребителей;

– возможность сертификации: основной целью сертификации является независимое авторитетное подтверждение соответствия действующей на предприятии системы менеджмента требованиям международного стандарта на системы качества. Преимуществами сертификации являются улучшение имиджа, повышение репутации, возможность участия в тендерах на получение заказа, удовлетворение требований потребителей о наличии сертифицированной системы качества, снижение уровня брака, повышение конкурентоспособности и др.

### 3. Документы:

– актуальность (соответствие современным требованиям законодательства и НД): документация системы менеджмента является основным элементом функционирования системы. Характер документации должен отвечать требованиям, которые установлены в законодательных и нормативных актах, потребностям и ожиданиям потребителей и других заинтересованных сторон;

– полнота документации: при подготовке к разработке документации следует определить полный перечень документированных процедур, требуемых для функционирования системы менеджмента.

Ресурсы:

– денежные ресурсы;

– инфраструктура: организация должна определить, обеспечить и поддерживать в рабочем состоянии инфраструктуру, необходимую для достижения соответствия продукции требованиям. Инфраструктура включает, насколько это применимо:

а) строения, сооружения, рабочее пространство и связанные с ними устройства,

б) технологическую оснастку (включая как оборудование, так и программное обеспечение);

с) подразделения обслуживания и поддержки (такие как, например, транспорт или коммуникации);

– рабочая среда: организация должна определить рабочую среду, необходимую для достижения соответствия продукции требованиям, и управлять ей;

– персонал.

Организация должна:

а) определить требования к компетентности персонала, выполняющего работу, влияющую на качество,

б) обеспечивать подготовку персонала или предпринимать другие действия с целью удовлетворения этих требований;

с) оценивать результативность предпринятых действий;

д) гарантировать, что персонал осведомлен о значимости и важности их деятельности, и о том, какой вклад они вносят в достижение целей в области качества;

е) вести соответствующие записи об образовании, подготовке, навыках и опыте персонала.

Ресурсы необходимы для достижения непрерывного совершенствования производства и удовлетворения потребителей.

### ***Пример 1.***

Разработаем методику оценки эффективности системы менеджмента безопасности. В табл. 13.1 представлены основные критерии оценки.

Используя данную информацию, следует произвести экспертную оценку данных критериев по степени значимости. Для этого создается экспертная комиссия, состоящая из 6 человек, далее проводится сбор мнений специалистов путем анкетного опроса и составляется матрица рангов, приведенная в табл. 13.2.

Таблица 13.1

## Количественные оценки критериев системы менеджмента безопасности

Наименование критерия	Состояние	Количественная оценка	Установленная оценка
1	2	3	4
Процесс			
Привлечение квалифицированных специалистов	Свыше 60%	1	0,8
	От 30% до 60%	0,8	
	От 5% до 30%	0,3	
	менее 5%	0	
Приобретение нового измерительного оборудования	Не менее 30% от фонда	1	0,5
	От 15% до 30% фонда	0,5	
	Менее 15% от фонда	0	
Постоянный состав персонала	Более 85%	1	0,7
	От 70 до 85%	0,7	
	От 35 до 70%	0,3	
	Менее 35%	0	
Возможность травматизма	Возможность производственного травматизма	1	1
	Отсутствие травматизма	0	
Состояние производственного оборудования	Удовлетворительное состояние	1	1
	Неудовлетворительное состояние	0	
Организация			
Повышение компетентности персонала	Повышение квалификации вне организации	1	0,5
	Повышение квалификации по месту работы	0,5	
	Отсутствие курсов по повышению компетентности	0	
Участие персонала в создании и функционировании системы	Свыше 70% от общей численности персонала	1	0,8
	От 50% до 70% от общей численности персонала	0,8	
	Не более 50% от общей численности персонала	0	
Повышение эффективности за счет оптимизации процессов и снижения уровня брака	Свыше 80%	1	0,6
	От 50% до 80%	0,6	
	Не более 50%	0	

Окончание табл. 13.1

1	2	3	4
Улучшение отношений потребителя и поставщика	Установление доверительных отношений с потребителями	1	1
	Удовлетворение потребностей покупателей	0,5	
	Не доверительное отношение потребителя к поставщику	0	
Возможность сертификации	Возможно	1	1
	Невозможно	0	
Документы			
Актуальность (соответствие современным требованиям законодательства и НД)	Соответствие требованиям международных стандартов	1	1
	Соответствие требованиям национальных стандартов	0	
Полнота	Полная база документации	1	1
	Неполная база документации	0	
	Неблагоприятная	0	
Ресурсы			
Денежные ресурсы	Наличие свободных финансовых ресурсов	1	1
	Отсутствие свободных финансовых ресурсов	0	
Персонал	Необходимое количество рабочих	1	1
	Нехватка рабочих кадров	0	
Инфраструктура	Развитая	1	0,5
	Слабо развитая	0,5	
	Неразвитая	0	
Рабочая среда	Благоприятная	1	1

Таблица 13.2

Матрица рангов

№ критерия	Эксперты						Сумма рангов	Отклонение от среднего значения, $\Delta$	Квадрат отклонения, $\Delta^2$
	1	2	3	4	5	6			
1	9	10	10	9	9	9	56	5	25
2	8	8	7	8	8	8	47	-4	16
3	2	2	2	2	1	1	10	-41	1681
4	5	6	4	6	5	5	31	-20	400
5	7	7	8	7	6	7	42	-9	81
6	11	12	11	11	11	12	68	17	289
7	1	1	1	1	2	2	8	-43	1849
8	12	11	12	13	12	11	71	20	400
9	14	14	16	14	14	14	86	35	1225
10	16	15	14	16	15	15	91	40	1600
11	15	16	15	15	16	16	93	42	1764
12	13	13	13	12	13	13	77	26	676
13	3	4	3	4	3	3	20	-31	961
14	6	5	6	5	7	6	35	-16	256
15	10	9	9	10	10	10	58	7	49
16	4	3	5	3	4	4	23	-28	784
							816		S=12056

Находим среднее арифметическое рангов:

$$P_{cp} = 816/16 = 51.$$

Коэффициент конкордации вычисляется по формуле

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

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

$n$  – число экспертов;

$m$  – количество критерий.

$W=0,98$ , следовательно степень согласованности можно принять вполне удовлетворительной.

Далее рассчитываем коэффициенты весоности по формуле

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

где  $n$  – количество экспертов;

$m$  – число коэффициентов весоности;

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

Результаты расчета коэффициентов весомости приведены ниже.

$$M_1 = \frac{56}{816} = 0,069; M_2 = \frac{47}{816} = 0,058; M_3 = \frac{10}{816} = 0,012; M_4 = \frac{31}{816} = 0,038;$$
$$M_5 = \frac{42}{816} = 0,051; M_6 = \frac{68}{816} = 0,083; M_7 = \frac{8}{816} = 0,01; M_8 = \frac{71}{816} = 0,087;$$
$$M_9 = \frac{86}{816} = 0,105; M_{10} = \frac{91}{816} = 0,112; M_{11} = \frac{93}{816} = 0,114; M_{12} = \frac{77}{816} = 0,094;$$
$$M_{13} = \frac{20}{816} = 0,025; M_{14} = \frac{35}{816} = 0,043; M_{15} = \frac{58}{816} = 0,071; M_{16} = \frac{23}{816} = 0,028.$$

Проверяется условие  $\sum_{i=1}^{16} M_i = 1$ .

Необходимо установить при каком условии внедрение системы менеджмента будет эффективным.

$$Q_{\text{вн}} < Q_{\text{уст}},$$

$$Q_{\text{вн}} = \sum_{i=1}^{16} M_i \cdot k_{i\text{вн}},$$

$$Q_{\text{уст}} = \sum_{i=1}^{16} M_i \cdot k_{i\text{уст}},$$

где  $M_i$  – коэффициент весомости;

$k_{i\text{вн}}$ ,  $k_{i\text{уст}}$  – оценка внедрения и установленная оценка соответственно.

$$Q_{\text{уст}} = M_1 \cdot k_1 + M_2 \cdot k_2 + \dots + M_{16} \cdot k_{16},$$

$$Q_{\text{уст}} = 0,84.$$

Разработанная методика может быть использована при внедрении системы менеджмента безопасности продукции.

Целью анализа эффективности функционирования системы качества являются:

– подготовка обоснований информации о функционировании системы качества для руководства организации;

– определение показателей качества производимых работ, выявление наиболее часто повторяющихся дефектов и определение причин их возникновения.

При определении эффективности функционирования системы качества учитываются показатели, отражающие результаты деятельности организации, экономическую эффективность и социальный эффект.

На рис. 13.1 представлен алгоритм оценки эффективности внедряемой системы безопасности.



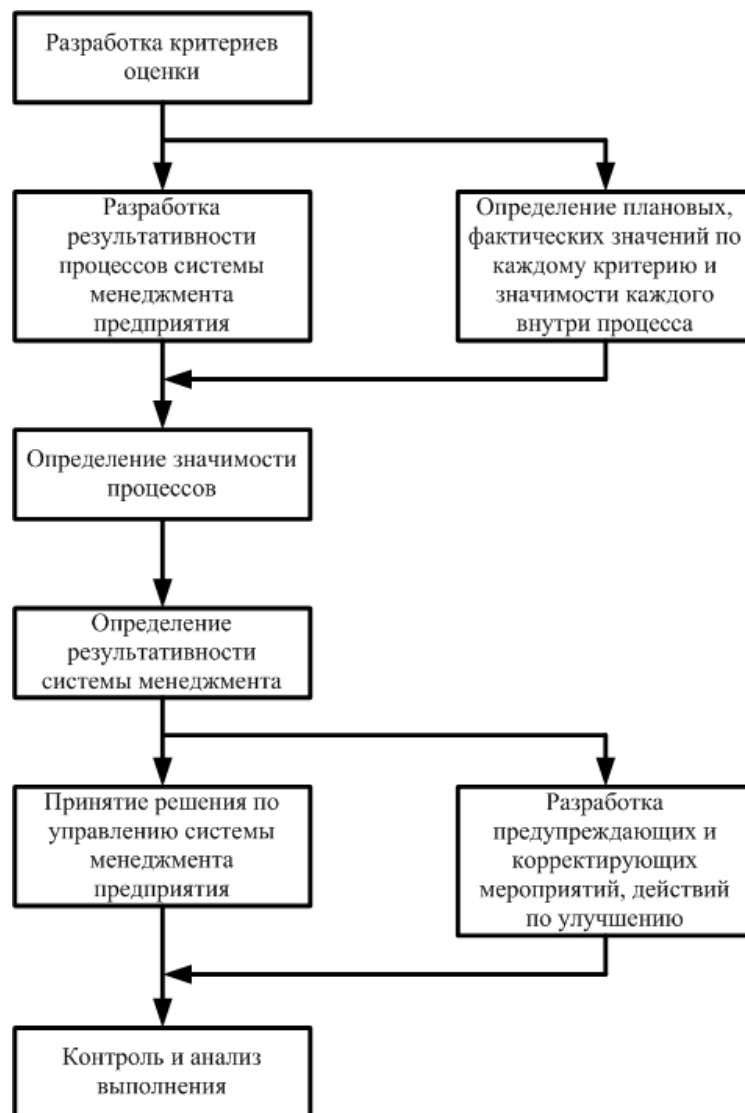


Рис. 13.1. Алгоритм оценки эффективности внедряемой системы безопасности

Рассмотрим некоторые инструменты (методы) оценки результативности СМК

1. Внутренний аудит СМК. Аудиты используются для оценивания результативности системы менеджмента качества и определения возможностей для улучшения. Результативность также является общей целью всех видов аудита. Определяя степень результативности, аудитор выясняет, даёт ли система организации возможность достижения своих целей, а также нужд и ожиданий заинтересованных сторон.

2. Оценка затрат на качество – затраты на обеспечение и гарантию качества, а также на понесенные потери вследствие несоответствия качества. Оценка затрат на качество проводится для получения экономической информации при принятии высшим руководством решений в области качества. Основной задачей является расчёт конкретных показателей, с

помощью которых можно было бы реально оценить функционирование процессов на предприятии.

Свидетельством неэффективности СМК организаций является поставка на рынок (потребителям) некачественной продукции, включая и услуги.

Данный инструмент позволяет выделить и оценить в денежном эквиваленте долю затрат на качество в общих затратах организации и, таким образом, определить приоритеты для улучшений.

Трудности исходят из следующих требований – необходимо создание системы сбора и анализа информации (здесь важным аспектом является работа с персоналом) и объективное технико-экономическое обоснование.

3. Оценка удовлетворенности потребителей. Удовлетворенность потребителей – восприятие потребителями степени выполнения их требований. Способы оценки удовлетворенности потребителей – всевозможные устные, письменные, электронные опросы потребителей. Это даёт возможность собрать информацию о пожеланиях и предпочтениях потребителей и на её основе улучшать качество продукции и процессов организации. Оценка удовлетворённости требует постоянной работы с потребителями, их идентификации, опроса достаточного числа людей, навыков обработки и представления информации.

4. Самооценка систем менеджмента качества. Самооценка организации представляет собой всесторонний и систематический анализ деятельности организации и результатов.

Позволяет сравнивать достигнутые результаты с эталоном или показателями других организаций, определить области для улучшения, а также прослеживать динамику улучшений при проведении повторной самооценки.

Самооценка – это кропотливая работа, требующая высокой квалификации сотрудников проводящих её и вовлечения большого количества сотрудников организации.

Процесс оценки результативности СМК состоит из следующих основных этапов:

– разработка критериев оценки: критерии должны отражать в полном объёме деятельность каждого процесса, быть понятными для использования, и для их определения не должны привлекаться значительные дополнительные затраты;

– оценка результативности процессов СМК предприятия: предполагается определение плановых, фактических значений по каждому критерию и значимости каждого критерия внутри процесса. Для каждого критерия в начале отчётного периода устанавливаются плановые значения. Фактические значения устанавливаются в конце периода по результатам внутреннего аудита, мониторинга процесса, информации об удовлетворённости заинтересованных сторон, т.е. на основе применения инструментов рассмотренных выше (одного или их совокупности);

– определение значимости процессов: задание весовых коэффициентов (значимость каждого процесса) несет субъективный характер, поэтому все весовые коэффициенты, используемые для средневзвешенных оценок, устанавливаются методом экспертных оценок группой специалистов (экспертов), обладающих необходимой компетенцией;

– определение результативности СМК: после определения показателей результативности и весовых коэффициентов процесса СМК, рассчитывается результативность СМК;

– принятие решения по управлению СМК предприятия: последний этап оценки результативности СМК состоит в разработке предупреждающих и корректирующих мероприятий, действий по улучшению СМК с последующим контролем и анализом выполнения.

Вывод о том, результативна СМК или нерезультативна, – это некоторая обобщённая оценка результативности СМК. Обеспечив заданную предприятием степень достижения (реализации), причём, необязательно стопроцентную, а например, тридцатипроцентную, предприятие может утверждать, что требования к результативности процессов и к результативности СМК выполнены.

Итоговые результаты оценки результативности СМК могут быть представлены предприятием в орган по сертификации систем менеджмента качества в составе исходных материалов, направляемых вместе с заявкой на сертификацию или инспекционный контроль СМК.

## 2. Методика выполнения и оформления работы

- 2.1. Выбрать предприятие (организацию)
- 2.2. Произвести анализ существующей системы менеджмента качества.
- 2.3. Определить критерии оценки эффективности СМК и их пороговые уровни для конкретного предприятия (организации).
- 2.4. Провести экспертную оценку исходных данных.
- 2.5. Разработать рекомендации по выбору инструмента оценки эффективности СМК.

### Вопросы для самоподготовки

1. Цели и задачи внедрения систем менеджмента качества на предприятиях.
2. Основные составляющие систем менеджмента качества.
3. Эффективность СМК и способы ее оценки.
4. Экспертные методы в оценке эффективности СМК.
5. Что Вы понимаете под методами стимулирования?

## Практическое занятие № 14

### ПРОЦЕСС ПЛАНИРОВАНИЯ И ОБЕСПЕЧЕНИЯ КАЧЕСТВА (ВЫПОЛНЕНИЕ ПЛАНОВЫХ РАБОТ ПО КАЧЕСТВУ)

**Цель занятия:** сформировать навыки воздействия на систему менеджмента качества предприятий с позиций обеспечения качества, управления качеством и улучшения качества.

#### 1. Основные сведения

Система менеджмента качества создаётся и внедряется на предприятии как средство, обеспечивающее проведение определённой политики и достижение поставленных целей в области качества (рис. 14.1). Таким образом, первичным является формирование и документальное оформление руководством предприятия политики в области качества.

Система разрабатывается с учётом конкретной деятельности предприятия. Необходимо отметить, что система, отвечающая требованиям международных стандартов ИСО серии 9000 призвана обеспечить качество конкретной продукции, и поэтому на одном и том же предприятии, выпускающем различные виды продукции, система качества предприятия может включать подсистемы качества по определённым видам продукции.

Система качества должна охватывать все стадии жизненного цикла продукции:

- маркетинг, поиски и изучение рынка;
- проектирование и (или) разработку технических требований, разработка продукции;
- материально-техническое снабжение;
- подготовка и разработка производственных процессов;
- производство;
- контроль, проведение испытаний и обследований;
- упаковка и хранение;
- реализация и распределение продукции;
- монтаж и эксплуатация;
- техническая помощь и обслуживание;
- утилизация после использования.

По характеру воздействия на этапы петли качества в системе качества могут быть выделены три направления: обеспечение качества, управление качеством, улучшение качества (см. рис. 14.1).



Рис. 14.1. Модель системы качества

**Обеспечение качества продукции** представляет собой совокупность планируемых и систематически проводимых мероприятий, создающих необходимые условия для выполнения каждого этапа петли качества таким образом, чтобы продукция удовлетворяла требованиям по качеству (рис. 14.2).

Если (для лучшего понимания роли обеспечения качества в общей системе качества) провести аналогию с техническим изделием, то это означало бы, что обеспечивается проектирование и изготовление технического изделия таким образом, чтобы все его детали и изделие в целом изначально могли бы выполнять заданные функции. При этом уже в процессе функционирования изделия вследствие износа деталей или других явлений могут происходить отклонения от заданных условий. Однако действия, связанные с отклонениями, выходят за рамки обеспечения качества.

Для обеспечения планируемых мероприятий обеспечения качества целесообразно формировать целевые научно-технические программы повышения качества продукции.

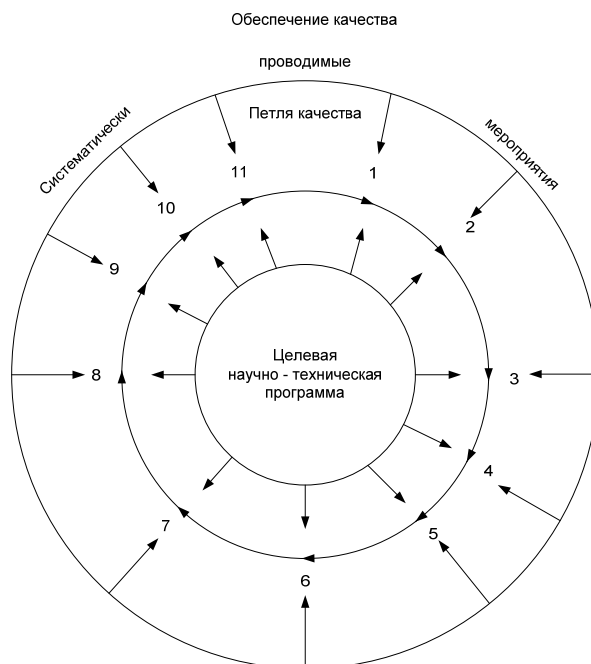


Рис. 14.2. Система качества и петля качества

Программа разрабатывается на конкретную продукцию и должна содержать задания по техническому уровню и качеству создаваемой продукции, требования к ресурсному обеспечению всех этапов петли качества (например, требования к оборудованию, сырью, материалам, комплектующим изделиям, метрологическим средствам, необходимые для производства изделия нужного качества, производственному персоналу и т.д.), а также мероприятия на всех этапах петли качества, обеспечивающие реализацию этих требований.

Порядок, правила и методы выполнения мероприятий программы могут быть определены документами системы обеспечения качества.

К систематически проводимым мероприятиям обеспечения качества относятся те работы и процедуры, которые выполняются предприятием постоянно или с определённой периодичностью. К ним, например, могут относиться работы по изучению рынка, постоянному обучению персонала и т.д.

Особое место среди этих мероприятий занимают мероприятия, связанные с предупреждением различных отклонений. В соответствии с идеологией стандартов ИСО серии 9000 система качества должна функционировать таким образом, чтобы обеспечить уверенность в том, что проблемы предупреждаются, а не выявляются после возникновения.

Мероприятия по предупреждению несоответствий могут быть принудительная замена технологической оснастки и инструмента, планово-предупредительной ремонт оборудования, техническое обслуживание,

обеспечение необходимой документацией всех рабочих мест и своевременное изъятие устаревшей документации и т.д.

**Управление качеством** представляет собой методы и деятельность оперативного характера. К ним относят управление процессами, выявление различного рода несоответствий в продукции, производстве или в системе качества и устранение этих несоответствий, а также вызвавших их причин.

Примером управления процессом может служить статистическое регулирование технологического процесса с помощью контрольных карт. Этот метод позволяет предупреждать появление дефектов или отклонений и поэтому является предпочтительным перед методами, связанными с управлением качеством по уже случившимся отклонениям.

В методологии систем меры по выявлению и устранению отклонений и их причин известны как «замкнутый управленческий цикл», который включает контроль, учёт, анализ, (оценку), принятие и реализацию решения.

Решения могут приниматься по результатам текущей информации, получаемой при контроле, учёте и анализе, а также по результатам обработки и анализа накапливаемой информации (рис. 14.3).

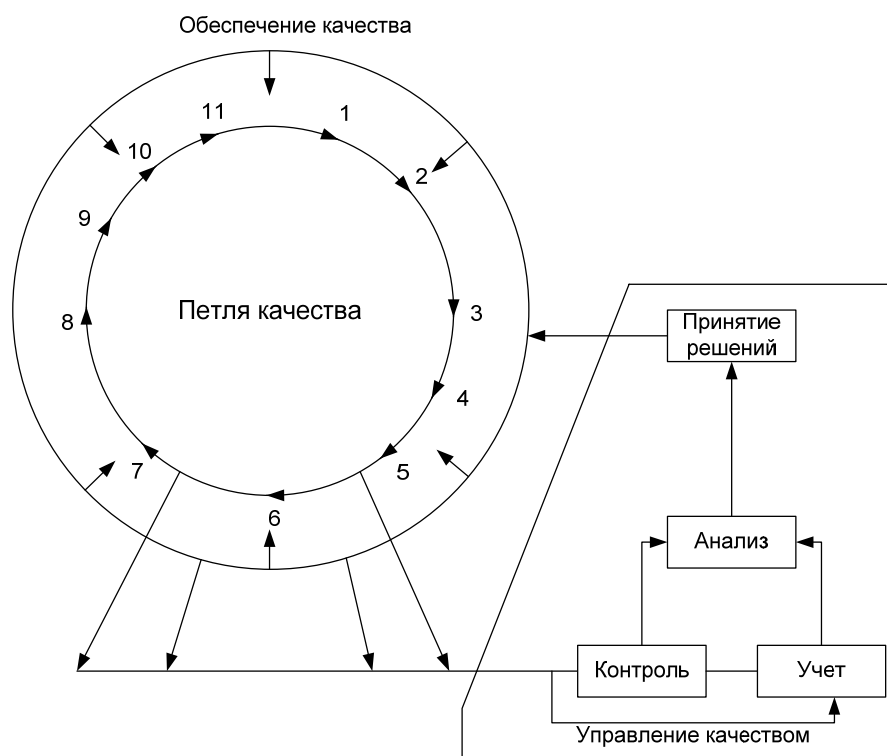


Рис. 14.3. Анализ информации в системе качества

При проектировании систем качества управление качеством должно предусматриваться как необходимый принцип по отношению ко всем элементам (процессам) системы качества на всех этапах петли качества.

**Улучшение качества** представляет собой постоянную деятельность, направленную на повышение технического уровня продукции, качества её

изготовления, совершенствования процессов производства и системы качества.

Объектом процесса улучшения качества может стать любой процесс производства или системы качества. Данное направление деятельности связано с решением задачи получения результатов, лучших по отношению к первоначально установленным нормам.

Идеология постоянного улучшения качества прямо связана и вытекает из тенденции повышения конкурентоспособности такой продукции, которая обладает высоким уровнем качества при более низкой цене. В связи с этим целью постоянного улучшения качества является либо улучшение параметров продукции, либо повышение стабильности качества изготовления, либо снижение издержек.

Развитие деятельности по улучшению качества требует специальной организации. Характерной организационной формой работ по улучшению качества являются группы качества (за рубежом – кружки качества). Однако эта форма не является единственной. К ним можно отнести и организацию рационализаторской деятельности и создание временных творческих коллективов (при этом в практике многих зарубежных фирм для решения определённых задач в такие коллективы входят и руководители фирм) для решения задач улучшения качества и т. д.

Постоянное улучшение качества может стать частью общей политики предприятия в области качества.

Соотношение трёх направлений деятельности в системе качества: обеспечение качества, управление качеством и улучшение качества можно проиллюстрировать на примере результатов, полученных одной из форм, применяющих все три метода (рис. 14.4).

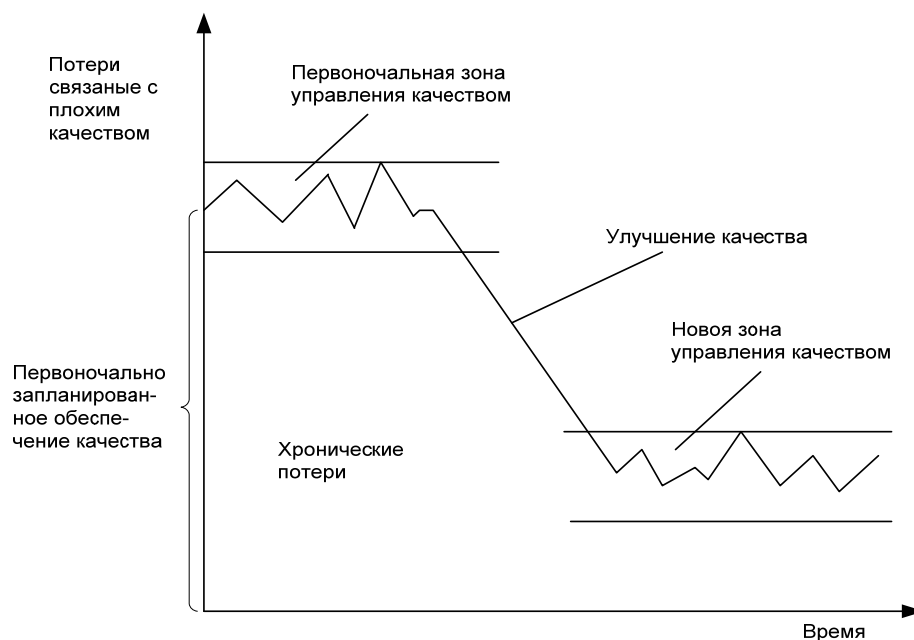


Рис. 14.4. Система качества и непрерывные улучшения



## 2. Методика выполнения и оформления работы

1. Выбрать действующую систему менеджмента качества на предприятии (организации).

2. Разработать мероприятия, направленные на обеспечение качества продукции. В рамках планируемых мероприятий обеспечения качества сформировать целевые научно-технические программы повышения качества продукции.

3. В рамках обеспечения качества продукции разработать и предложить систематически проводимые мероприятия, которые должны выполняться предприятием постоянно или с определённой периодичностью.

4. На основе анализа деятельности системы менеджмента качества выбранного предприятия, дать характеристику эффективности действий, направленных на управление качеством продукции. Охарактеризовать положительные и отрицательные результаты этой деятельности.

5. Разработать комплекс мероприятий (по выбору учащегося) направленных на управление процессами, выявление различного рода несоответствий в продукции, производстве или в системе качества и устранение этих несоответствий, а также вызвавших их причин.

6. Разработать мероприятия (по выбору учащегося), направленные на повышение технического уровня продукции, качества её изготовления, совершенствования процессов производства и системы качества.

### Вопросы для самоподготовки

1. Модель системы качества.
2. Охарактеризуйте стадии жизненного цикла продукции.
3. Что включает в себя обеспечение качества продукции?
4. Что представляет собой программа повышения качества продукции?
5. Предупреждающие и корректирующие мероприятия в рамках обеспечения качества продукции.
6. Управление качеством как метод (деятельность) оперативного характера.
7. Анализ информации в системе качества
8. Идеология постоянного улучшения качества.
9. Система качества и непрерывные улучшения.

# Практическое занятие №15

## СОВРЕМЕННЫЕ ИНСТРУМЕНТЫ КОНТРОЛЯ И АНАЛИЗА КАЧЕСТВА ИЗУЧАЕМЫХ ОБЪЕКТОВ

**Цель занятия:** ознакомиться с современными инструментами контроля и анализа качества.

### 1. Основные сведения

Эффективное управление выпуском качественной и конкурентоспособной продукции предполагает планирование, управление, обеспечение и улучшение качества.

Современные инструменты контроля качества – это методы, которые используются для решения задачи количественной оценки параметров качества. Такая оценка необходима для объективного выбора и принятия управленческих решений при стандартизации и сертификации продукции, планировании повышения ее качества и т.д.

С учетом многообразия инструменты качества принято делить на группы: простые методы; новые инструменты; новейшие инструменты.

Простые инструменты качества образуют эффективную систему методов контроля и анализа качества. Данные инструменты и их описание с указанием преимуществ и недостатков представлены в табл. 15.1

Т а б л и ц а 1 5 . 1

Простые инструменты качества

Наименование метода	Описание метода
1	2
Контрольный листок	Имеет единую форму для регистрации и подсчета данных, получаемых в результате наблюдений или испытаний контролируемых показателей в течение определённого времени. Данные могут быть целочисленными и интервальными. Основное назначение – представление информации в простом и удобном виде, с учетом распределения данных по категориям, показывающим, как часто возникают события
Гистограмма	Гистограммой называют ступенчатую фигуру, состоящую из прямоугольников, основаниями которых служат частичные интервалы длиной $h$ , а высоты представляют собой плотность частоты. Гистограмма служит для обобщения цифровых значений и отображает зависимость частоты попадания параметров в определенный интервал значений
Метод стратификации	Этот метод позволяет разделить полученные значения на подгруппы по определенному признаку
Диаграмма Исикавы	Применяется при разработке и непрерывном совершенствовании продукции. Она обеспечивает системный подход к определению фактических причин возникновения неполадок

## Окончание табл. 15.1

1	2
Диаграмма Парето	Диаграмма является графическим прототипом правила Парето. Правило показывает, что значительное число дефектов возникает из-за не определенного числа причин. Используется при выявлении наиболее существенных факторов, влияющих на возникновение несоответствий. Диаграмма и правило Парето позволяют отделить важные факторы от малозначимых и несущественных
Диаграмма разброса	Показывает характер взаимодействия между двумя переменными. Необработанные данные изображаются как функция двух переменных, между которыми существует взаимосвязь. Взаимосвязь может быть положительной, отрицательной, либо отсутствовать
Контрольные карты	Используется для контроля состояния производственного процесса во времени и организации внесения изменений в ход процесса до того, как он выйдет из-под контроля. В случае статистически неуправляемого процесса проводятся корректирующие мероприятия

Помимо представленных выше инструментов существуют новые инструменты управления качеством (табл. 15.2). Данные инструменты позволяют решать проблемы управления качеством путем анализа фактов, представленных не в численной, а в какой-либо другой форме.

Таблица 15.2

## Новые инструменты качества

Наименование метода	Описание метода
1	2
Мозговая атака (штурм)	Форма коллективного творчества решения поставленных проблем. Метод широко применяется в различных сферах трудовой деятельности. Метод мозгового штурма – это генерирование идей в короткий временный отрезок времени, нахождение решений в сложных ситуациях. Наиболее продуктивно метод работает в группах, при коллективном творчестве с учетом взаимодействия участников группы
Диаграмма сродства	Диаграмма предназначена для упорядочивания большого количества данных. Группировка осуществляется по принципу родственности информации. Отдельная группа представляет собой группу, выделенную по определенному признаку. Если необходимо сопоставить большое количество неоднородных факторов, когда выполняется работа в команде, то применяется диаграмма сродства. В большинстве случаев диаграмма необходима для обработки результатов «мозгового штурма»
Диаграмма связей	Диаграмма связей – это инструмент управления качеством, основанный на определении логических взаимосвязей между данными. Применяется для сопоставления причин и следствий по определенной исследуемой проблеме. Диаграмма связей может быть использована совместно с диаграммой сродства. При применении данного метода решаются комплексные проблемы в ситуации, когда действует множество факторов. Для построения диаграммы необходимо сформировать рабочую группу, так как этот инструмент является «плодом» коллективной работы

Окончание табл. 15.2

1	2
Древовидная диаграмма	Диаграмма предназначена для распределения причин рассматриваемой проблемы на различных уровнях. Диаграмма представляет собой «дерево», в основании которой находится исследуемая проблема. Применение древовидной диаграммы необходимо в случае, когда нужно определить и упорядочить все важные причины проблемы
Матрица приоритетов	Инструмент, с помощью которого причины можно ранжировать по степени важности. Применение данного инструмента позволяет выявить наиболее важные данные при оценке проблемы. Основное назначение метода – распределение различных наборов элементов в порядке значимости, установление важности между этими элементами
Стрелочная диаграмма	Диаграмма применяется после выявления значимых проблем, требующих решения, а также планирования сроков выполнения всех работ для реализации поставленной цели. Наглядность обеспечивает своевременное достижение поставленных целей
Поточная диаграмма	Инструмент представляет графическое изображение этапов процесса
Матричная диаграмма	Она выглядит как таблица, которая включает элементы, между которыми нужно установить связь. Когда необходимо установить степень взаимосвязи между причинами, то матричная диаграмма является полезным инструментом качества

Существуют новейшие, усовершенствованные инструменты управления качеством описание, преимущества и недостатки которых представлены в табл. 15.3.

Таблица 15.3

Новейшие инструменты качества

Наименование метода	Описание метода
1	2
Развертывание функции качества	Инструмент основан на системном подходе к проектированию, который основан на четком понимании потребностей потребителя. Перед развертыванием функции качества стоит главная задача – перевод субъективных показателей качества в набор технических характеристик. QFD является одним из эффективных методов «расстановки приоритетов» в процессе создания продукции
Бенчмаркинг	Бенчмаркинг – это процесс сравнения деятельности своего предприятия с лучшими компаниями в отрасли с реализацией и внедрением изменений для достижения и сохранения конкурентоспособности
Анализ форм и последствий отказов (FMEA-анализ)	Метод, применяется для определения дефектов или несоответствий, а также причин их возникновения в процессе производства или оказания услуги. Он применяется для выявления проблем до того момента, как они проявятся и приведут к негативным последствиям

## Окончание табл. 15.3

1	2
Анализ деятельности подразделений	Анализ деятельности подразделений – основное средство, которое помогает рабочим понять причастность к процессу улучшения деятельности производства. Данный инструмент качества помогает оценить всю деятельность предприятия, определить и оценить основные виды работ, и подробно рассмотреть каждый из них. Основное уделяется отношениям между поставщиком и потребителем; работам, осуществляемым в рамках подразделения
Система "Ноль дефектов"	Система «Ноль дефектов» направлена на достижение нулевого уровня дефектов. Система базируется на следующих принципах: ориентация на предупреждение появления дефектов; направление усилий на сокращение уровня дефектности в производстве; понимание того, что качество работы компании определяется качеством производственных процессов, и качеством деятельности непроизводственных подразделений
Система "Точно вовремя"	Концепция основывается на философии качества, в соответствии с которой любая фаза производства заканчивается изготовлением качественной продукции. По концепции, запасы которые не были использованы в установленный срок, являются непроизводственными расходами и составляют издержки производителя
Функционально-стоимостной анализ	Инструмент позволяет оценить реальную стоимость продукта или услуги Цель ФСА состоит в обеспечении правильного распределения средств, выделяемых на производство

Представленные инструменты качества являются эффективными средствами воздействия на уровень качества выпускаемой продукции. Однако, несмотря на то, что данные инструменты могут применяться по отдельности, наибольшую результативность они показывают при комплексном применении. При этом требуется учитывать различную результативность инструментов в зависимости от конкретной ситуации и четко понимать, какой из инструментов будет наиболее подходящим.

## 2. Методика выполнения и оформления работы

- 2.1. Выбрать объект исследования.
- 2.2. Установить цель исследования.
- 2.3 Выбрать необходимый(-ые) инструмент(-ы) качества.

### Вопросы для самоподготовки

1. Назовите основные группы, на которые подразделяются инструменты качества?
2. Какие методы относятся к простым инструментам управления качеством?
3. Что такое гистограмма?
4. Какие методы относятся к новым инструментам управления качеством?
5. Расскажите о назначении и области применения диаграммы Парето.
6. Какие методы относятся к новейшим инструментам управления качеством?
7. В чем суть метода системы "Точно вовремя" ?

# Практическое занятие №16

## ИНСТРУМЕНТЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ И УПРАВЛЕНИЯ КАЧЕСТВОМ ОБЪЕКТОВ

**Цель занятия:** ознакомиться с инструментами проектирования и управления качеством объектов

### 1. Основные сведения

Инструменты качества – это различные методы и техники по сбору, обработке и представлению количественных и качественных данных какого-либо объекта (продукта, процесса, системы и т.п.). Набор методов, который применяется в менеджменте качества достаточно широкий и разнообразный. Он формировался на протяжении всей истории развития менеджмента качества.

Все инструменты качества можно сгруппировать по целям их применения:

- инструменты контроля качества;
- инструменты управления качеством;
- инструменты анализа качества;
- инструменты проектирования качества.

Инструменты контроля качества – речь здесь идет об инструментах контроля, которые позволяют принимать управленческие решения, а не о технических средствах контроля. Большинство инструментов, применяемых для контроля, основаны на методах математической статистики. Современные статистические методы и математический аппарат, применяемый в этих методах, требуют от сотрудников организации хорошей подготовки, что далеко не каждая организация может обеспечить. Однако без контроля качества невозможно управлять качеством и тем более повышать качество. Из всего разнообразия статистических методов для контроля наиболее часто применяют самые простые статистические инструменты качества. Их еще называют семь инструментов контроля качества. Эти инструменты были отобраны из множества статистических методов союзом японских ученых и инженеров (JUSE). Особенность этих инструментов заключается в их простоте, наглядности и доступности для понимания получаемых результатов. Инструменты контроля качества включают в себя – гистограмму, диаграмму Парето, контрольную карту, диаграмму разброса, стратификацию, контрольный листок, диаграмму Исикавы (Ишикавы). Для применения этих инструментов не требуется глубокое знание математической статистики, а потому сотрудники легко осваивают инструменты контроля качества в ходе непродолжительного и простого обучения. Далеко не всегда информация, характеризующая объект может быть представлена в виде параметров, имеющих количественные

показатели. В таком случае для анализа объекта и принятия управленческих решений приходится использовать качественные показатели.

Инструменты управления качеством – это методы, которые в основе своей используют качественные показатели об объекте (продукции, процессе, системе). Они позволяют упорядочить такую информацию, структурировать ее в соответствии с некоторыми логическими правилами и применять для принятия обоснованных управленческих решений. Наиболее часто инструменты управления качеством находят применение при решении проблем, возникающих на этапе проектирования, хотя могут применяться и на других этапах жизненного цикла.

Инструменты управления качеством содержат такие методы как диаграмма сродства, диаграмма связей, древовидная диаграмма, матричная диаграмма, сетевой график (диаграмма Ганта), диаграмма принятия решений (PDPC), матрица приоритетов. Также эти инструменты называют – семь новых инструментов контроля качества.

Инструменты анализа качества – это группа методов, применяемая в менеджменте качества для оптимизации и улучшения продукции, процессов, систем. Наиболее известные и часто используемые инструменты анализа качества – функционально-физический анализ, функционально-стоимостной анализ, анализ причин и последствий отказов (FMEA-анализ). Эти инструменты качества требуют от сотрудников организации большей подготовки, чем инструменты контроля и управления качеством. Часть инструментов анализа качества оформлены в виде стандартов и являются обязательными для применения в некоторых отраслях промышленности (в том случае, если организация внедряет систему качества).

Инструменты проектирования качества – это сравнительно новая группа методов, применяемая в менеджменте качества с целью создания продукции и процессов, максимально реализующих ценность для потребителя. Из названия этих инструментов качества видно, что применяются они на этапе проектирования. Некоторые из них требуют глубокой инженерной и математической подготовки, некоторые могут быть освоены за достаточно короткий период времени. К инструментам проектирования качества относятся, например – развертывание функций качества (QFD), теория решения изобретательских задач, бенчмаркинг, метод эвристических приемов.

## 2. Примеры использования инструментов качества на практике

**Пример 1.** Использование матричной диаграммы для контроля качества продукции.

Матричная диаграмма – это инструмент, представляющий собой взаимоотношение причинно-следственных связей. Преимуществом диаграммы является возможность получить графическую интерпретацию степени интенсивности взаимоотношений огромного количества данных. Её можно использовать на различных стадиях работы управлению качеством.

Матричные диаграммы называют матрицами связей. Для построения диаграммы можно использовать различные компьютерные программы.

Последовательность построения диаграммы следующая:

- 1) Выбирают переменные, для которых проводится анализ связей.
- 2) Выбирают формат матрицы, так как их несколько и они зависят от числа переменных. Треугольная матричная диаграмма («крыша»), матричная L-образная, матричная T-образная, матричная Y-образная, Матричная X-образная, С-образная.
- 3) Вносят данные в выбранную диаграмму
- 4) Связи обозначают символами, приведенными на рис. 16.1.

Зависимость	Символ	Вес
Слабая	△	1
Средняя	○	3
Сильная	●	9

Рис. 16.1. Символьные обозначения

5) Для каждого столбца и строки диаграммы складывают веса в соответствии с указанными символами и заносят в соответствующие клетки диаграммы.

6) Переменные которые получают наибольшие суммарные веса играют важную роль в рассматриваемой задаче.

7) Переменные, для которых получаются большие суммарные веса, играют большую роль в рассматриваемой задаче. Их стоит рассмотреть дальше. Матричную диаграмму можно нарисовать с помощью различных компьютерных программ.

Для построения диаграммы можно использовать различные компьютерные программы.

Рассмотрим пример построения матричной диаграммы для контроля качества помадных конфет (табл. 16.1).

Анализ таблицы свидетельствует о том, что для потребителей наибольшей важностью обладают следующие показатели: содержание, точнее их отсутствие анаэробных микроорганизмов, плесневелых грибов, содержание глазури, срок годности и внешний вид.



Таблица 16.1

## Матричная диаграмма

Ожидание потребителей	Влажность	Содержание плесени	Вкус и запах	Форма	Цвет	Анаэробные микроорганизмы факультативно	Плесневелые грибы	Белки	Жиры	Углеводы	Калорийность	Консистенция	Срок годности	Внешний вид	Весомость, %
Вкус		●	●			●	●					○	●		
Пищевая ценность и полезность	△	●						●	●	●	●				
Внешний вид	○	●	△	●	●	●	●					●	●	●	
Цена		△											○	○	
Упаковка	○			△							○			●	
Срок годности	●		●	△	○	●	●					●	●	●	
Суммарная оценка	69	113	94	44	51	126	126	27	27	27	36	96	141	123	

**Пример 2.** Применение QFD-анализа (на примере показателей качества сливочного масла).

В условиях рыночных отношений успех предприятия зависит от степени удовлетворения им требований потребителей. Только в этом случае предприятие будет иметь устойчивый спрос на свою продукцию и получать прибыль. Степень удовлетворения требований потребителей определяется качеством продукции.

Значение повышения качества продукции и её конкурентоспособности для экономики предприятия заключается в том, что оно позитивно сказывается на эффективности функционирования организации.

В работе необходимо оценить уровень качества сливочного масла с целью обеспечения качества и конкурентоспособности продукции.

Изучив технологию производства сливочного масла и основные показатели качества готовой продукции, решаем поставленную задачу методом Quality Function Deployment (QFD) – анализа.

Данная методология позволяет систематически преобразовать пожелания потребителей в требования к качеству продукции, услуги и/или процесса. QFD позволяет разработать рекомендации по повышению качества и конкурентоспособности продукции. QFD – анализ используется для обеспечения лучшего понимания ожиданий потребителей при разработке и совершенствовании продукции, с применением ориентаций на установленные и предполагаемые потребности потребителей.

Основа QFD – построение фигурной матрицы, названной в соответствии со своей формой «Дом качества»

QFD-анализ позволяет в компактной форме представить данные о разнообразных характеристиках продукта, а также отследить их влияние на принимаемые технические решения. Технология QFD включает в себя 4 фазы, на каждой из которых применяется диаграмма особого вида – дом качества. Каждая представляет определенные аспекты требований к продукции. На каждой фазе проводится оценка взаимосвязи между элементами дома качества. Только наиболее важные аспекты переходят на следующую фазу, в следующий дом качества.

В данной работе методом QFD-анализа были построены четыре дома качества в которых указаны: требования потребителей к уровню качества продукции, параметры продукции с характеристиками сырья, характеристики сырья с производственными операциями и производственные операции с требованиями производства. Дома качества представлены на рис.16.1–16.4.

Первый дом качества устанавливает связь между пожеланиями потребителей и ГОСТ Р 52969-2008 «Масло сливочное. ТУ», который создает требования к характеристике продукции. Анализ полученных результатов свидетельствует о том, что наибольшую весомость среди всех рассматриваемых характеристик имеют показатели: массовая доля жира,

энергетическая ценность, массовая доля влаги. Для потребителей наибольшей весомостью обладают показатели: срок годности, цена, вкус и запах, внешний вид.

Для второго дома качества центром внимания является взаимосвязь между характеристиками продукции и характеристиками сырья. При этом установлено, что среди основных характеристик исходного сырья наибольшей весомостью обладают показатели: БГКП, КМАФАиМ, плесневелые грибы и дрожжи, срок годности.

Третий дом качества устанавливает связь между требованиями к молоку, из которого изготавливают сливочное масло и требованиям к характеристикам процесса. В результате установлено, что среди основных процессов производства сливочного масла наибольшей весомостью обладают: нормализация и пастеризация, охлаждение, созревание и сбивание сливок.

С применением четвертого дома качества характеристики процесса преобразовываются в характеристики оборудования и способы контроля технологических операций производства, которые следует применять для выпуска качественной продукции (сливочного масла) по приемлемой цене, что приводит к удовлетворенности потребителей. Наиболее весомыми характеристиками оборудования при производстве сливочного масла являются: частота вращения барабана-мешалки и отсутствие подсосов воздуха в маслообразователе.

В рамках научно-исследовательской работы в целях обеспечения качества и конкурентоспособности масла сливочного с помощью метода QFD-анализа были выявлены основные показатели качества сырья для производства продукции, а также показатели качества готовой продукции, определены важные стадии производственного процесса с установленными характеристиками оборудования. Тем самым определив основные стадии производственного процесса и показатели качества сырья и готовой продукции можно внести корректирующие действия в технологический процесс по производству масла сливочного, результат которого приведет к повышению качества готовой продукции и соответственно повысит её конкурентоспособность.



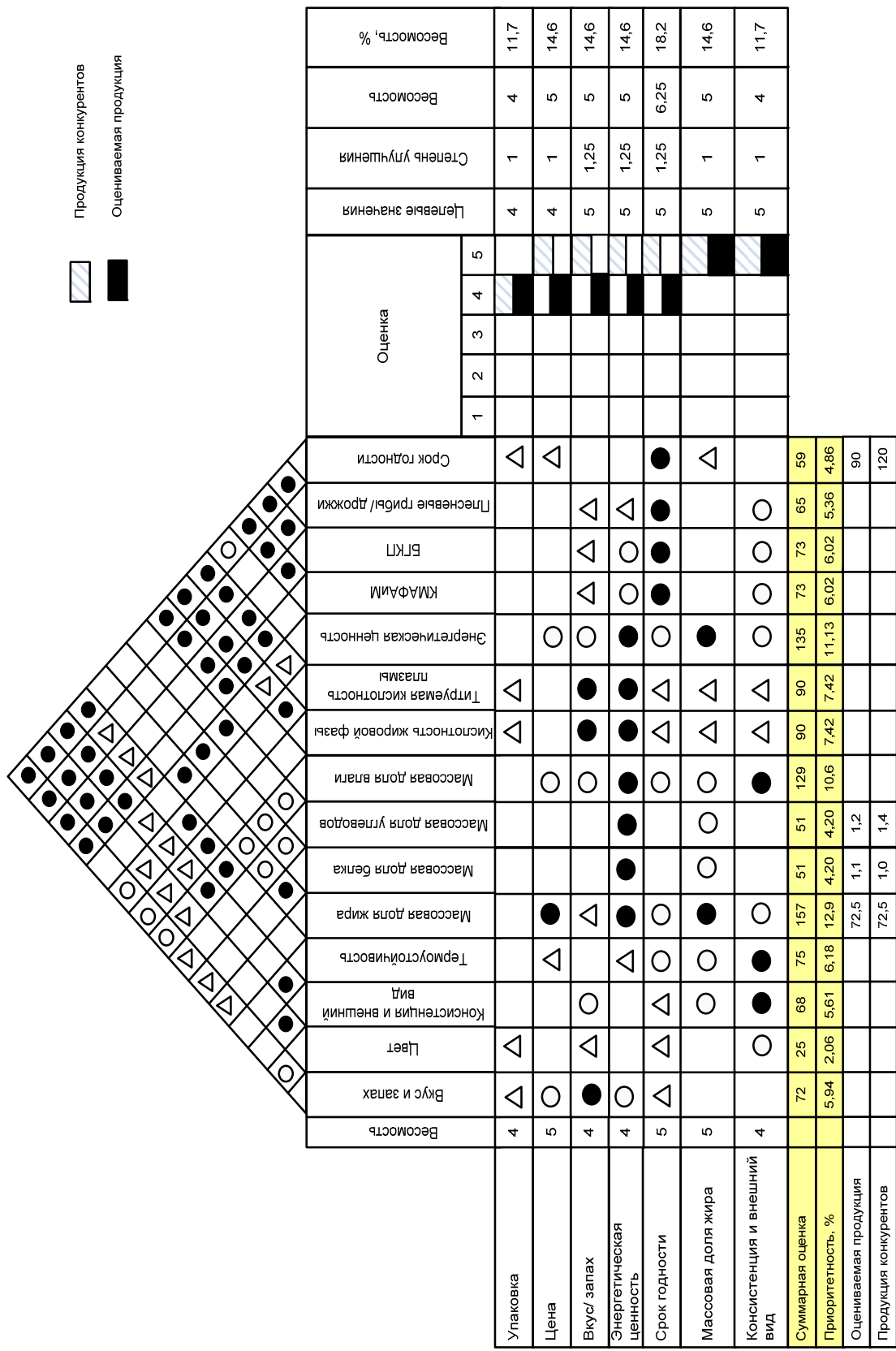


Рис. 16.2. Второй дом качества

	Весомость	Сепарирование	Нормализация и настройка	Охлаждение, созревание и сбивание сливок	Промывка масляного зерна	Обработка и расфасовка	Оценка					Целевые значения	Степень улучшения	Весомость	Весомость, %	
							1	2	3	4	5					
Плотность	4	○	○	●	△	●							5	1,25	5	8,7
Массовая доля жира	4	○	●	△									5	1	4	6,96
Массовая доля белка	4	○	●	△									5	1	4	6,96
Кислотность	4		○										5	1	4	6,96
Цвет	5	△	△										5	1	5	8,7
Запах и вкус	5	●	●	●		○							5	1,25	6,25	10,8
Наличие хлопьев	3	●		●		△							4	1,33	3,99	6,94
Консистенция	4		△	○		●							5	1	4	6,96
БГКП	5	●	●	●	●	●							5	1	5	8,7
КМАФАИМ	5	●	●	●	●	●							5	1	5	8,69
Дрожжи и плесневые грибы	5	●	●	●	●	●							5	1	5	8,69
Срок годности	5	●	●	●	○	●							5	1,25	6,25	10,87
Суммарная оценка		281	330	308	158	270										
Приоритетность, %		20,86	24,67	22,86	11,81	20,04										

Рис.16.3. Третий дом качества



**Пример 3.** Комплексное использование инструментов качества при анализе потерь и возникновении дефектов.

Невысокое качество продукции всегда приводит к издержкам производства, что в конечном итоге приводит к финансовым потерям предприятия. В этих условиях анализ потерь является крайне важной задачей и требует предварительного выяснения причин появления брака (дефектов) с целью последующего устранения причин их возникновения.

В качестве объекта исследования выбран процесс нанесения покрытия трубопроводов на основе экструдированного полиэтилена. Данное покрытие относится к наиболее эффективным антикоррозионным покрытиям заводского нанесения.

Для анализа возникающих дефектов при нанесении антикоррозионного полиэтиленового покрытия на стальные трубы воспользуемся диаграммой Парето. Эта диаграмма позволяет определить наиболее важные причины возникновения дефектов из их общего числа (табл. 16.2, рис. 16.5).

Т а б л и ц а 1 6 . 2

Исходные данные для построения диаграммы Парето

Типы дефектов	Число дефектов	Накопленная сумма числа дефектов	Процент числа дефектов	Накопленный процент
Расслоение (риски)	18	18	58,06	58,06
Пузыри	8	26	25,81	83,87
Отслоение	2	28	6,45	90,32
Сдиры	1	29	3,23	93,55
Уменьшение толщины	1	30	3,23	96,78
Наплывы	1	31	3,23	100
Прочие: (пропуск, гофры, трещины, вмятины, царапины)	0	0	0	0
Итого	31	-	100	-



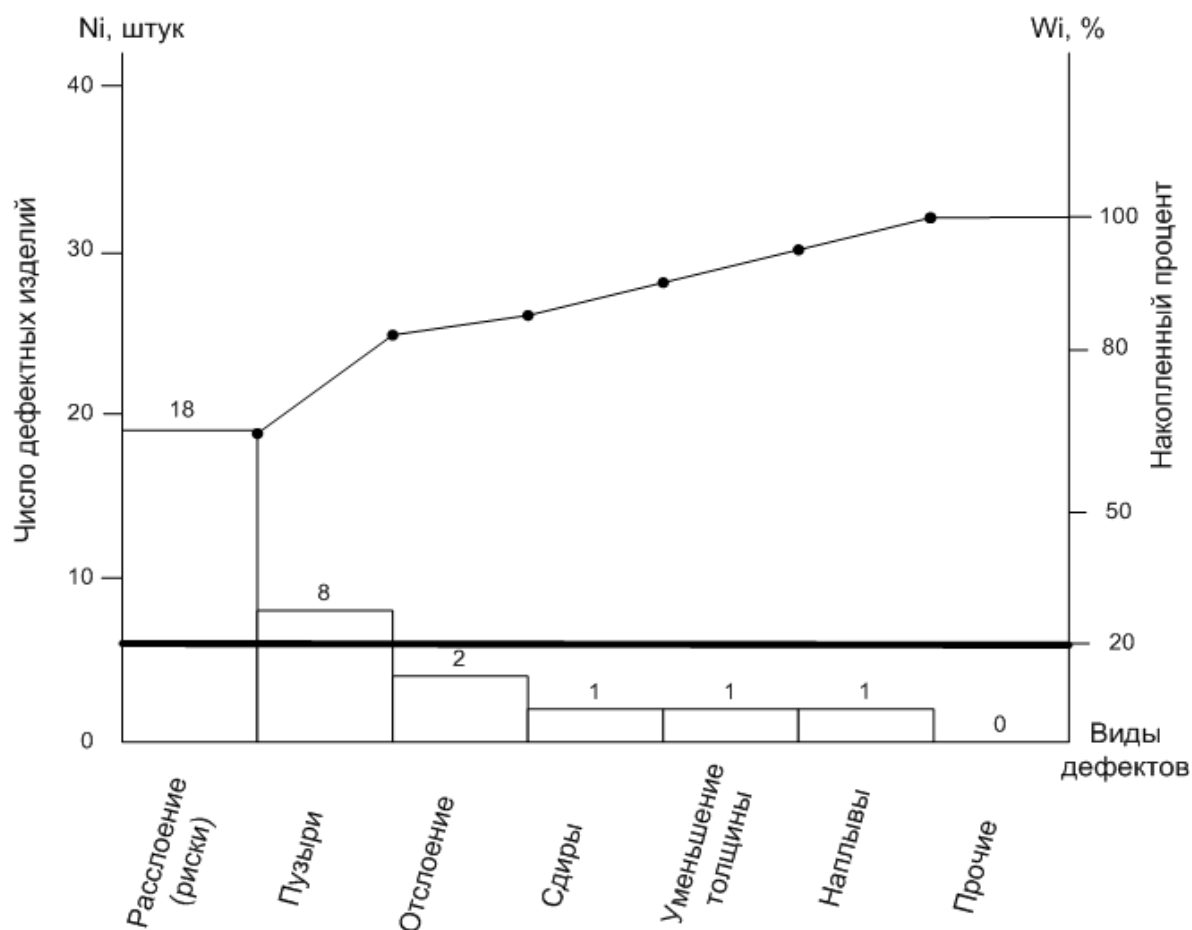


Рис. 16.5. Виды дефектов, возникающих при нанесении антикоррозионного полиэтиленового покрытия на стальные трубы

Анализ полученных результатов свидетельствует, что особое внимание следует обратить на такие дефекты, как появление пузырей и на факты отслоения покрытия. Выявление дефекта и последующее его устранение позволяет повысить качество готовой продукции, но не исключает возможности появления такого же дефекта на других изделиях.

Наиболее частое появление именно таких видов дефектов требует анализа причин их возникновения с последующей разработкой мероприятий по их устранению.

Значительный интерес представляет построение диаграмм Парето в сочетании с диаграммой «причина-следствие» (диаграмма Исикавы).

Диаграмма Исикавы, учитывающая основные факторы, влияющие на качество антикоррозионного полиэтиленового покрытия, представлена на рис. 16.6.

Установление причинно-следственных связей требует сбора объективной информации о параметрах изделия или технологического процесса. Для сбора данных и регистрации дефектов можно использовать контрольный листок (рис. 16.7).

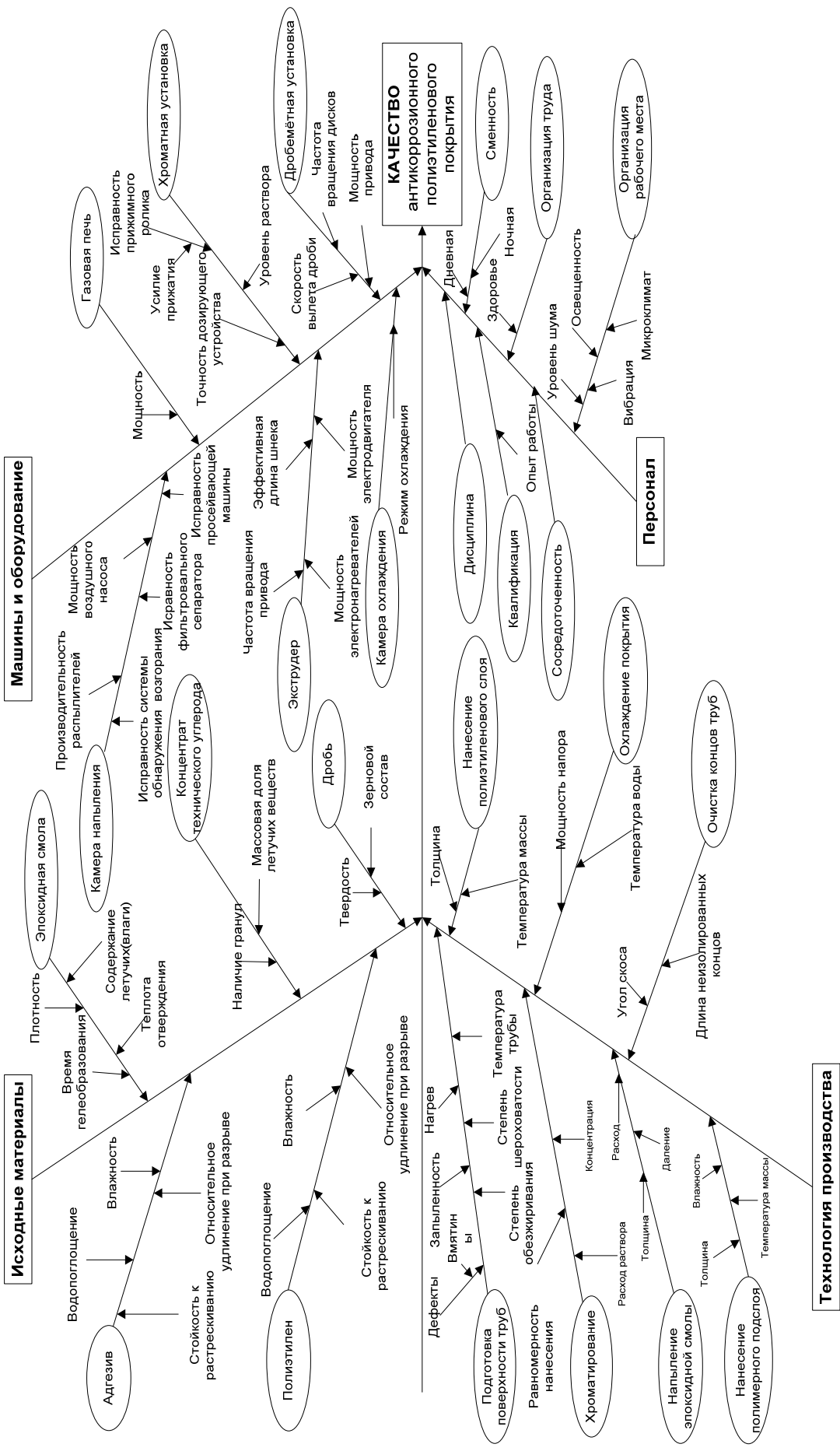


Рис. 16.6. Причинно-следственная диаграмма Исикавы

**Контрольный листок регистрации видов дефектов**  
№ \_\_\_\_\_

Дата \_\_\_\_\_ Номер заказа \_\_\_\_\_  
 Номер ТУ \_\_\_\_\_  
 Диаметр изолируемой трубы \_\_\_\_\_  
 Смена \_\_\_\_\_ Участок \_\_\_\_\_  
 Ф.И.О мастера участка \_\_\_\_\_  
 Производственная операция \_\_\_\_\_  
 Объект контроля \_\_\_\_\_ Тип контроля \_\_\_\_\_

Типы дефектов	Результаты контроля	Итого
Пропуск		
Сдиры		
Уменьшение толщины		
Расслоение (риски)		
Пузыри		
Гофры		
Отслоение		
Трещины		
Вмятины		
Наплывы		
Царапины		
Другие		
ИТОГО		
Всего забраковано труб		

Дополнительные \_\_\_\_\_ сведения \_\_\_\_\_

Предварительное заключение о причине наиболее часто встречающегося дефекта \_\_\_\_\_

Инспектор ОТК \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_ *Подпись*

Рис. 16.7. Форма контрольного листка

**Пример 4.** *Использование инструментов качества при исследовании множественных зависимостей показателей качества изделий (на примере продукции строительного назначения).*

Исследование характеристик выпускаемой продукции является неотъемлемой частью контроля качества всего производственного процесса и призвано не допустить нарушений в технологическом цикле изготовления изделий. Важную роль играет установление схемы причинно-следственных отношений, которые лежат в основе различных видов регрессий и корреляций. Выбор вида уравнения и определение функции регрессии являются важнейшими задачами регрессионного анализа.

Исследование проводилось на основе ключевых показателей качества ЛДСП (табл. 16.3). В данном случае за базовые показатели качества принимаются показатели, установленные в ГОСТ 52078.

Т а б л и ц а 1 6 . 3

Статистические показатели качества ЛДСП

№ п/п	Предел прочности при изгибе, МПа	Предел прочности при растяжении, МПа	Покоробленность, мм	Отрыв наружного покрытия, МПа	Твердость покрытия, мм
1	20	0,37	0,7	1,15	52
2	23,2	0,38	0,69	1,19	69
3	19,2	0,36	0,56	1,43	35
4	18,8	0,38	0,88	0,84	34
5	14,9	0,36	0,89	1,51	49
6	20,1	0,37	0,75	1,09	47
7	22,3	0,4	0,96	1,44	55
8	23,7	0,38	0,84	1,09	25
9	15,4	0,37	0,69	1,35	36
10	21,6	0,36	0,89	1,43	48
11	21,9	0,39	0,78	1,42	48
12	20,7	0,42	0,92	1,49	82
13	20,2	0,43	0,94	1,4	45
14	20,3	0,39	0,45	1,05	66
15	21	0,33	0,78	1,44	69
16	18	0,39	0,36	1,35	62
17	15,3	0,41	0,56	1,33	59
18	17,4	0,38	0,58	1,08	45
19	16,2	0,35	0,96	1,19	78
20	15,9	0,32	0,74	1,33	75
21	21,5	0,35	1,03	1,2	75
22	21,4	0,33	1,08	1,36	65
23	18,6	0,34	0,79	1,26	62
24	17,7	0,27	0,68	1,31	45

Прежде всего, стоит проверить линейную регрессионную зависимость между всеми парами статистических показателей. Во многом проще и нагляднее исследование пар статистических показателей осуществлять с использованием диаграмм рассеяния (рис. 16.8).

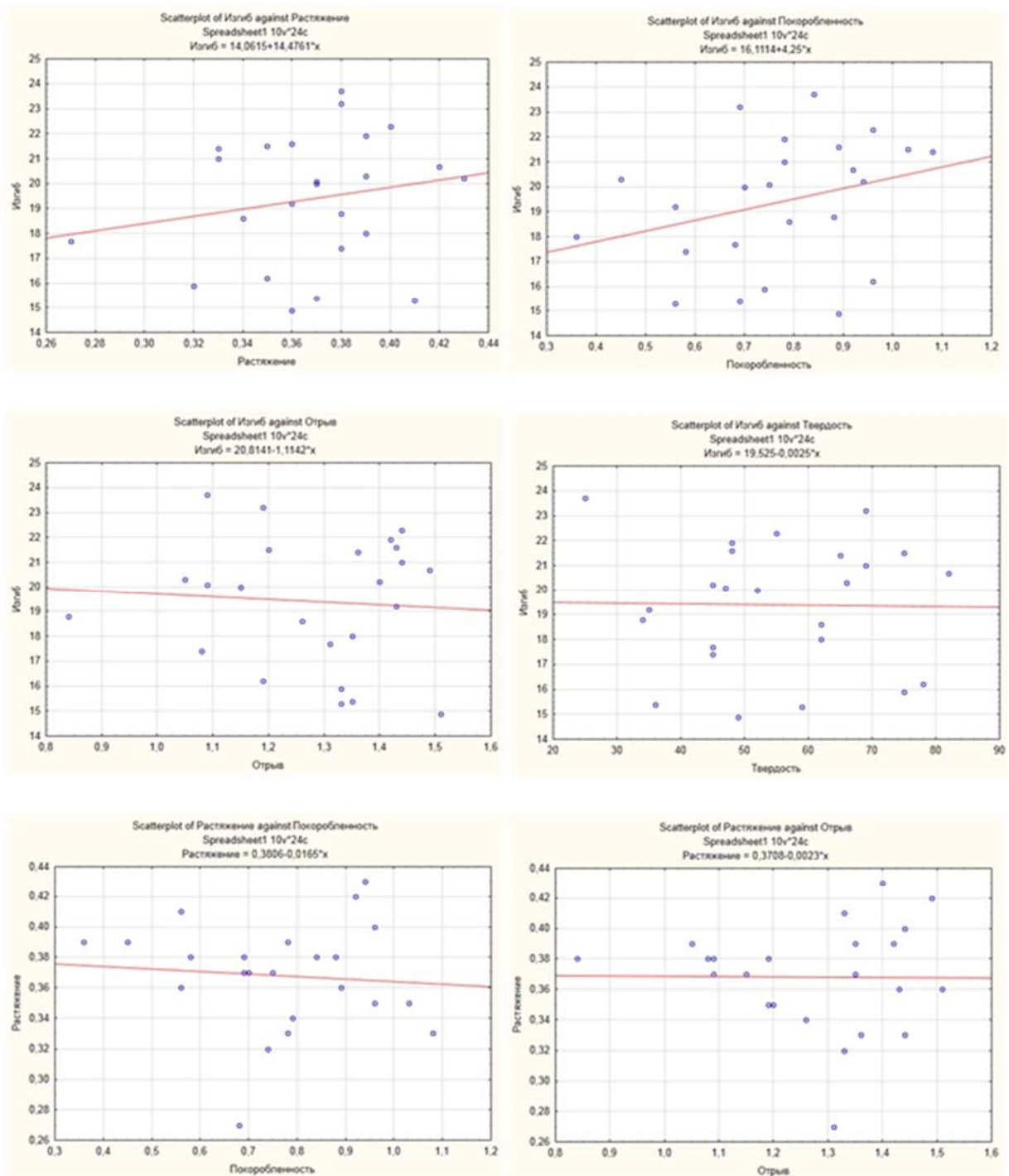


Рис. 16.8. Диаграммы рассеяния всех пар статистических показателей качества ЛДСП (начало)

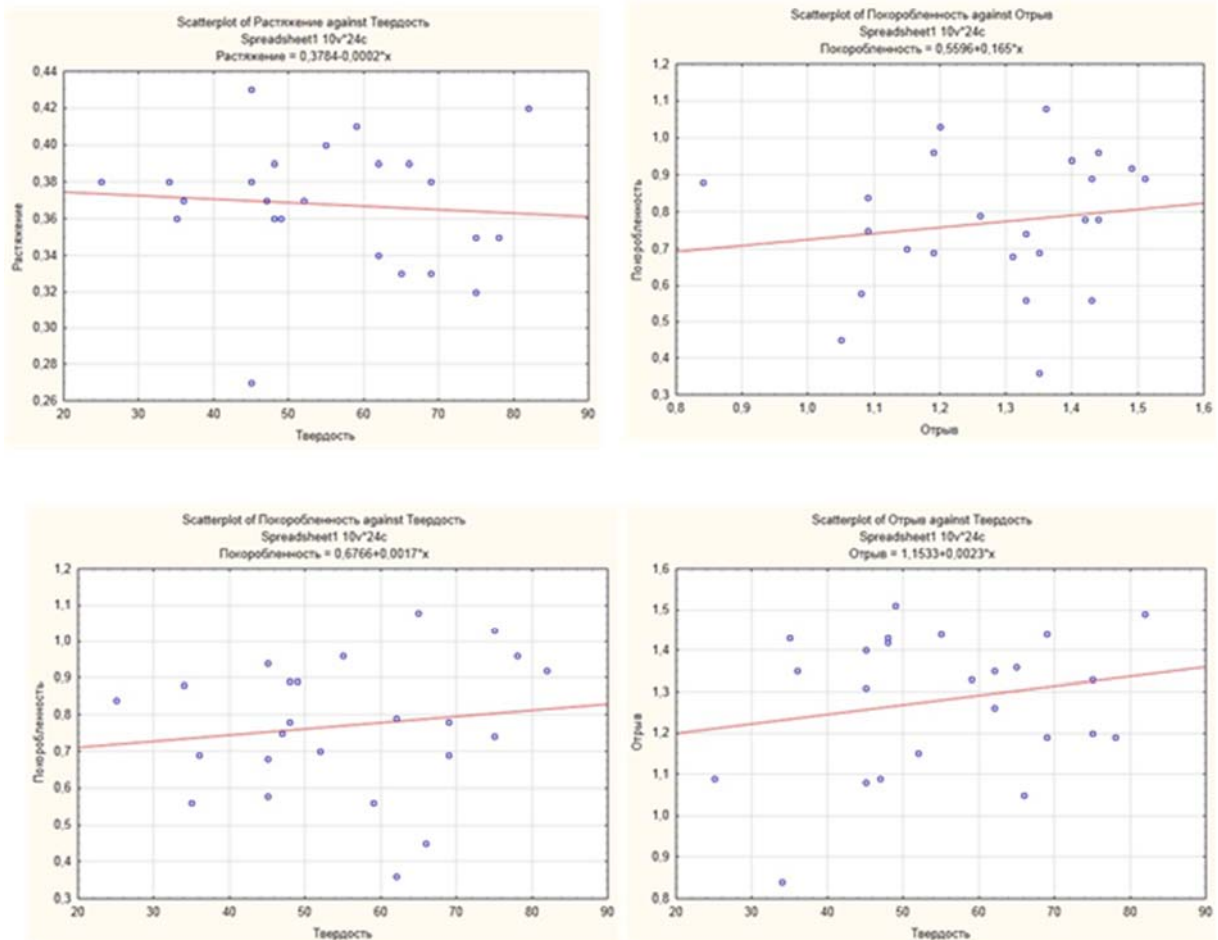


Рис. 16.8. Диаграммы рассеяния всех пар статистических показателей качества ЛДСП (окончание)

Как видно из рис. 16.8 полученные линии регрессии на диаграммах рассеяния свидетельствуют об отсутствии зависимостей между всеми парами статистических показателей. С другой стороны, это может означать, что исследуемое явление представляет собой результат совместного и одновременного действия нескольких причин, которые могут усиливать влияния друг на друга или ослаблять его в зависимости от своей направленности.

Рассмотрение множественной регрессии проводилось с использованием пакета Statistica 6.0, и решающими инструментами при выборе регрессионного уравнения были:

- коэффициент детерминации (чем он больше, тем большую долю вариации объясняют переменные, включенные в модель);
- стандартные ошибки оценок параметров множественной регрессии, т.е. коэффициентов уравнения регрессии (чем они больше, тем более оцененные величины отличаются от наблюдаемых значений зависимой переменной и тем менее надежны оценки прогнозов, построенные на данной функции регрессии).

Построение различных линейных уравнений множественной регрессии вида  $y = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + \dots + b_nx_n$ , часть из которых приведена в табл. 16.4, не выявили множественных связей исследуемых статистических показателей.

Т а б л и ц а 1 6 . 4

Зависимая переменная $y$	Объясняющая (независимая) переменная				Уравнение регрессии	Коэффициент детерминации	Стандартные ошибки оценок параметров множественной регрессии	Комментарий
	$b_1$	$b_2$	$b_3$	$b_4$				
Изгиб	Растяжение	Покоробленность	–	–	$9,82998 + 16,50295 b_1 + 4,52213 b_2$	0,13847149	6,17364 ( $b_0$ ) 15,07457 ( $b_1$ ) 2,89130 ( $b_2$ )	Уравнение регрессии не объясняет имеющейся зависимости. Коэффициент детерминации мал, т.е. переменные, включенные в модель объясняют 13,8 % вариаций
Изгиб	Растяжение	Покоробленность	Отрыв	–	$12,00863 + 16,52211 b_1 + 4,78645 b_2 - 1,86615 b_3$	0,15289064	7,30016 ( $b_0$ ) 15,31707 ( $b_1$ ) 2,97253 ( $b_2$ ) 3,19838 ( $b_3$ )	Уравнение регрессии даже ухудшилось
Растяжение	Покоробленность	Отрыв	Твердость	Изгиб	$0,323756 - 0,029931 b_1 + 0,009245 b_2 - 0,000153 b_3 + 0,003292 b_4$	0,06622002	0,087543 ( $b_0$ ) 0,045665 ( $b_1$ ) 0,047667 ( $b_2$ ) 0,000519 ( $b_3$ ) 0,003160 ( $b_4$ )	Уравнение регрессии не объясняет имеющейся зависимости. А малые стандартные ошибки получились, т.к. сами коэффициенты уравнения малы
Покоробленность	Отрыв	Твердость	–	–	$0,516976 + 0,138428 b_1 + 0,001387 b_2$	0,03645786	0,309066 ( $b_0$ ) 0,236592 ( $b_1$ ) 0,002593 ( $b_2$ )	Уравнение регрессии не объясняет имеющейся зависимости
Твердость	Отрыв	Растяжение	Изгиб	–	$42,4957 + 19,1778 b_1 - 37,4110 b_2 + 0,1012 b_3$	0,05100227	48,40264 ( $b_0$ ) 19,92545 ( $b_1$ ) 97,82802 ( $b_2$ ) 1,32274 ( $b_3$ )	Уравнение регрессии не объясняет имеющейся зависимости. Коэффициент детерминации мал, т.е. переменные, включенные в модель объясняют 5,1 % вариаций

В данной работе путем построения линейных уравнений множественной регрессии и последующего анализа некоторого набора (независимых и зависимой) переменных были изучены результаты испытаний ЛДСП по пяти показателям: по прочности на изгиб, растяжение, покоробленность, твердость покрытия и прочности на отрыв. Анализ показал, что во всех линейных моделях коэффициент детерминации достаточно мал (например: 0,15289064), и значит только малая доля вариации (соответственно, 15,289 %) может быть объяснена полученным уравнением.

Отсутствие устойчивой линейной корреляционной связи, может быть связано с рядом причин, например:

- малый объем выборки;
- наличие нелинейной связи;
- присутствие в регрессионной модели некоторых неучтенных в исследовании объясняющих (независимых) переменных.

**Пример 5.** Анализ стабильности технологических процессов производства продукции (на примере продукции строительного назначения)

Рассмотрим пример построения гистограмм для прочности железобетонных изделий. В табл. 16.5 представлены значения испытаний на прочность ребристых плит покрытия после ТВО, изготовленных в теплый период года.

Т а б л и ц а 1 6 . 5

Результаты испытаний на прочность при сжатии

Апрель	Май	Июнь	Июль	Август	Сентябрь
156	177	157	198	190	176
157	176	161	198	190	174
185	177	162	190	171	175
186	195	148	190	172	173
185	196	149	152	190	177
186	139	145	153	190	163
150	140	146	181	176	168
151	150	182	182	177	165
171	151	181	159	172	166

Первоначально определяем размах варьирования:

$$R = X_{\max} - X_{\min} = 198 - 139 = 59.$$

Размах варьирования делим на количество интервалов  $K$ , равный 10 и получаем ширину интервала:

$$h = \frac{R}{K} = \frac{59}{10} = 5,9 \approx 6.$$

Определяем частоту попадания полученных данных в соответствующий интервал и заносим эти значения в табл. 16.6.



Таблица 16.6

## Значения частоты

Номер интервала	Интервал	Частота
1	139-145	3
2	145-151	6
3	151-157	5
4	157-163	5
5	163-169	3
6	169-175	7
7	175-181	8
8	181-187	7
9	187-193	6
10	193-199	4

Находим центр распределения:

$$\bar{X} = \frac{\sum X_i}{n} = \frac{9227}{54} = 170,9 \approx 171.$$

Определяем нижний (НД) и верхний (ВД) допуски:

$$\text{ВД} = 0,75 \cdot 250 \approx 188$$

$$\text{НД} = 0,75 \cdot 200 = 150$$

Центр поля допуска определяется как

$$m = \frac{\text{ВД} + \text{НД}}{2} = \frac{188 + 150}{2} = 169.$$

Затем строим гистограмму частот, где по оси ординат откладываем частоты, а по оси абсцисс – интервал (рис. 16.9).

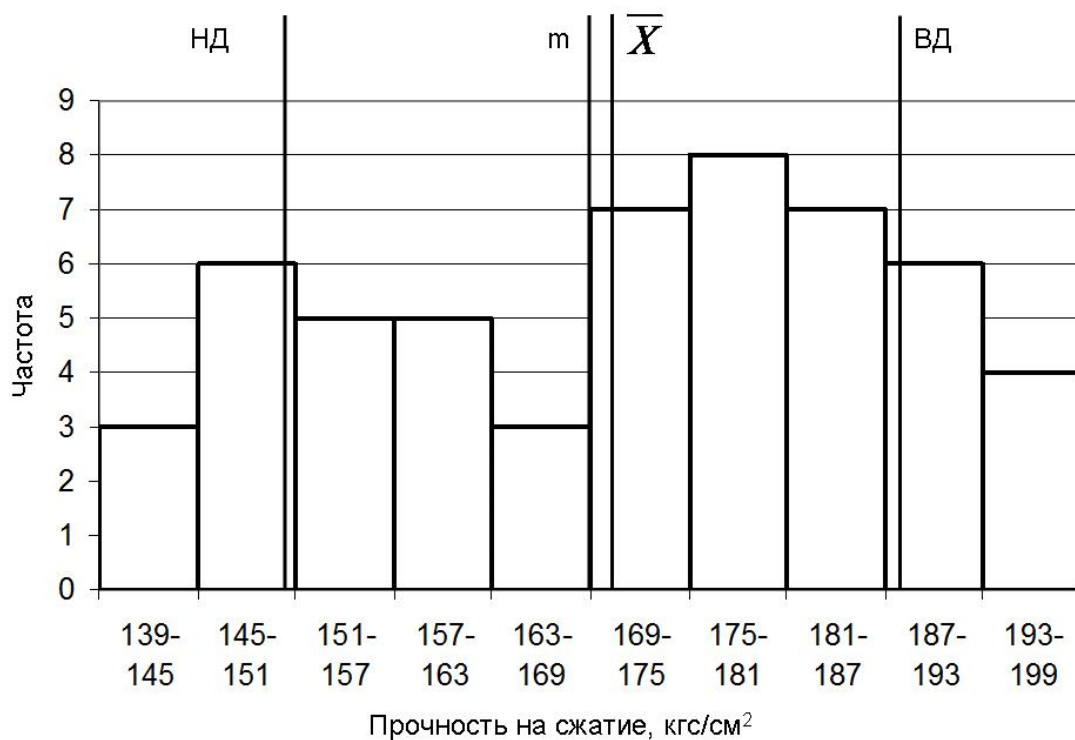


Рис. 16.9. Гистограмма распределения прочности

Для оценки воспроизводимости процесса изготовления ребристых плит покрытия необходимо убедиться в нормальности распределения. Для того чтобы уверенно считать, что данные наблюдений свидетельствуют о нормальном распределении, пользуются критериями согласия.

Критерием согласия называют критерий проверки гипотезы о предполагаемом законе распределения. Имеется несколько критериев согласия, но мы остановимся на рассмотрении критерия Пирсона. С этой целью будем сравнивать эмпирические (наблюдаемые) и теоретические частоты (вычисленные в предположении нормального распределения). Критерий Пирсона показывает, значимо или незначимо расхождение между теоретическими и эмпирическими частотами.

Критерий Пирсона определяют по формуле

$$\chi^2 = \frac{\sum (n'_i - n_i)^2}{n_i}. \quad (16.1)$$

Эта величина случайная, так как в различных опытах она принимает различные, заранее неизвестные значения. Чем меньше различаются эмпирические и теоретические частоты, тем меньше величина  $\chi^2$ .

По таблице критических точек распределения  $\chi^2$  определяют в зависимости от заданного уровня значимости и числа степеней свободы  $k=n-3$  критическую точку  $\chi_{кр}^2(\alpha, k)$ . Если  $\chi_{набл}^2 < \chi_{кр}^2$  – нет оснований отвергать гипотезу о нормальном распределении.

Предполагая, что генеральная совокупность распределена нормально, то теоретические частоты могут быть найдены по формуле

$$n'_i = \frac{n \cdot h}{\sigma} \cdot \varphi(u_i), \quad (16.2)$$

где  $n$  – сумма всех частот;

$h$  – ширина интервала;

$\sigma$  – СКО;

$\varphi(u_i)$  – определяется по таблице в зависимости от

$$u_i = \frac{X_o - \bar{X}}{\sigma}, \quad (16.3),$$

где  $x_o$  – середина интервала

$\bar{X}$  – среднее значение.

Вычисляем СКО:

$$\sigma = \sqrt{\sum \frac{(X_i - \bar{X})^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{14100,09}{53}} = \sqrt{266,04} = 16,31.$$

Затем вычисляем значение  $u_i$  для каждого интервала по формуле (16.3) (табл. 16.7).

Определяем по таблице функцию  $\varphi(u_i)$ , вычисляем теоретические частоты по формуле (16.2) и находим  $\chi^2$  по формуле (16.1). Полученные результаты приведены в табл. 16.7.

Т а б л и ц а 1 6 . 7

Теоретические частоты

Интервал	Частота $n_i$	Середина интервала $X_i$	$u_i$	$\varphi(u_i)$	$n'_i$	$(n_i - n'_i)^2$	$\frac{(n_i - n'_i)}{n_i}$
139-145	3	142	1,8	0,0818	2	1,890914	0,630305
145-151	6	148	1,4	0,1476	3	9,412858	1,56881
151-157	5	154	1	0,2323	5	0,148639	0,029728
157-163	5	160	0,7	0,3187	6	1,770851	0,35417
163-169	3	166	0,3	0,3802	8	20,7242	6,908067
169-175	7	172	0,06	0,3982	8	0,827992	0,118285
175-181	8	178	0,43	0,3637	7	0,601208	0,075151
181-187	7	184	0,8	0,2897	6	1,550846	0,221549
187-193	6	190	1,16	0,2036	4	3,82453	0,637422
193-199	4	196	1,53	0,1238	2	2,374086	0,593522
$\chi^2$							11,13701

Определяем число степеней свободы  $k=54-3=51$ .

Методом интерполяции находим  $\chi_{кр}^2$  при уровне значимости  $\alpha=0,01$ :

$$\chi_{кр}^2 \approx (50,892 - 49,588) \cdot 21 + 50,892 \approx 78.$$

$\chi_{кр}^2 > \chi^2$  – закон распределения нормальный

Для оценки воспроизводимости процесса рассчитаем коэффициент запаса точности технологического процесса.

Поскольку центр распределения и центр поля допуска не совпадают, необходимо воспользоваться показателем  $C_{pk}$ , который вычисляется по формуле

$$C_{pk} = C_p \cdot (1 - k), \quad (16.4)$$

где  $k = \frac{2 \cdot |m - \bar{X}|}{ВД - НД} = \frac{2 \cdot |169 - 171|}{188 - 150} = 0,105,$

$$C_p = \frac{ВД - НД}{6 \cdot S} = \frac{188 - 150}{6 \cdot 16,31} = 0,39.$$

По формуле (16.4) вычисляем

$$C_{pk} = 0,39 \cdot (1 - 0,105) = 0,35.$$

$C_{pk} < 1$  – процесс не воспроизводим.

Данная гистограмма говорит о том, что технологический процесс производства ребристых плит покрытия следует считать невоспроизводимым. Поэтому необходимо предусмотреть корректирующие действия, которые должны выполняться руководством предприятия.

Рассчитать процент брака можно по формуле

$$P = \Phi(\lambda_1) + \Phi(\lambda_2). \quad (16.5)$$

Т.к. браком будет считаться только та продукция, которая имеет значения прочности, выходящие за нижний предел, то в нашем случае формула

(16.5) приобретает вид  $P = \Phi(\lambda_1)$ , где  $\lambda_1 = \frac{|HD - \bar{X}|}{S} = \frac{|150 - 171|}{16,31} = 1,29$ .

По таблице определяем:  $P = \Phi(1,29) = 0,4015$ ;  $0,5 - 0,4015 = 0,0985$ . Таким образом, количество бракованной продукции составляет 9,85%.

### 3. Методика выполнения и оформления работы

- 2.1. Выбрать объект исследования.
- 2.2. Установить цель исследования.
- 2.3 Выбрать необходимый(-ые) инструмент(-ы) качества.
- 2.4 Применить выбранный(-ые) метод(-ы) на практике.

#### Вопросы для самоподготовки

1. На какие целевые группы можно разделить инструменты качества?
2. Что представляют собой инструменты анализа качества?
3. Что такое контрольный листок ?
4. Какие инструменты относятся к инструментам контроля качества?
5. Перечислите семь новых инструментов качества?

## Практическое занятие №17

# УЛУЧШЕНИЕ КАЧЕСТВА КАК ВАЖНЕЙШИЙ ФАКТОР КОНКУРЕНТОСПОСОБНОСТИ ПРЕДПРИЯТИЯ

**Цель занятия:** ознакомиться с принципами и способами повышения качества на конкурентоспособность продукции

### 1. Основные сведения

Современная рыночная экономика предъявляет принципиально иные требования к качеству выпускаемой продукции. Это связано с тем, что в современном мире выживаемость любой фирмы, ее устойчивое положение на рынке товаров и услуг определяется уровнем конкурентоспособности. В свою очередь, конкурентоспособность связана с двумя показателями – уровнем цены и уровнем качества продукции. Причем второй фактор постепенно выходит на первое место. Производительность труда, экономия всех видов ресурсов уступают место качеству продукции.

В рыночной экономике проблема качества является важнейшим фактором повышения уровня жизни, экономической, социальной и экологической безопасности. Качество – комплексное понятие, характеризующее эффективность всех сторон деятельности: разработка стратегии, организация производства, маркетинг и др. Важнейшей составляющей всей системы качества является качество продукции.

Качество продукции относится к числу важнейших критериев функционирования предприятия в условиях относительно насыщенного рынка и преобладающей неценовой конкуренции.

Уровень конкурентоспособности предприятия является показателем, зависящим от ряда факторов. Показатели конкурентоспособности предприятия это факторы, к которым относится: конкурентоспособность товаров или услуг на рынках (внешнем и внутреннем); емкость рынка (характеризующая объем ежегодных продаж); вид товара или услуги; возможность доступа на рынок; позиции на рынке предприятий-конкурентов; однородность рынка; конкурентоспособность отрасли в целом; возможность внедрения инноваций; конкурентоспособность данного региона и страны (в случае выхода на международный рынок).

Повышение конкурентоспособности предприятия, это, в первую очередь, понимание нужд потребительского рынка и перспектив его развития; знание возможностей конкурентов, анализ тенденций развития окружающей среды; способность создать товар с такими качествами, чтобы потребитель предпочел его, а не товар конкурента. В условиях конкурентной борьбы цены на рынке определяются спросом, и любое изменение желаний потребителя данного вида товара или услуги сразу же сообщается производителю путем изменения цены на товар.

Повышение конкурентоспособности предприятия в масштабах страны ведет к повышению конкурентоспособности отрасли и промышленности в целом. Результат конкурентоспособной промышленности выражается активным развитием внутреннего рынка, ростом ВВП, стабильностью налоговых поступлений в бюджет, ростом экспорта, рациональностью и эффективностью использования природных ресурсов, сохранением и развитием научного потенциала страны, высокой занятостью населения, социальной и политической стабильностью, а также достойным местом, которое занимает страна на международном экономическом рынке.

Повышение конкурентоспособности предприятия – это, в первую очередь, повышение качества продукции, которое является главным показателем деятельности любого производства. В широком понимании качеством продукции называется совокупность свойств товара или услуги удовлетворять потребности, соответствующие ее назначению. При этом повышение уровня качества продукции диктует повышение спроса на нее и увеличение суммы прибыли не только за счет объема продаж, но также за счет повышения цены на товар более высокого качества.

Таким образом, повышение конкурентоспособности предприятия – это повышение качества продукции, индивидуальные показатели которой характеризуют следующие свойства товаров или услуг:

- полезность;
- надежность;
- технологичность;
- эстетичность.

К обобщающим показателям качества продукции относятся:

- удельный вес нового товара (услуги) в выпуске;
- удельный вес товара высшего качества;
- средневзвешенный балл продукции;
- коэффициент сортности;
- удельный вес продукции, прошедшей сертификацию;
- удельный вес продукции, оцененной в соответствии с мировыми стандартами качества;
- удельный вес экспорта (в том числе в страны, с высокими показателями развития промышленности и экономики);
- удельный вес продукции, прошедшей аттестацию (и отдельно – не прошедшей аттестацию).

Кроме того, качество продукции может описываться косвенными показателями, к которым относятся штрафы, объемы забракованной продукции, удельный вес продукции с претензиями на ее качество, а также потери от забракованной продукции.

## 2. Пути повышения конкурентоспособности продукции и предприятий

Существует несколько путей повышения качества и конкурентоспособности продукции на предприятии (рис. 17.1).

Только предприятие, на котором приоритеты отдаются качеству и постоянному обновлению ассортимента продукции, будет иметь длительно устойчивое положение на современном потребительском рынке.

Однако, даже имея достаточно высокий уровень качества продукции и стабильный спрос на неё со стороны потребителей необходимо постоянно заботиться о снижении себестоимости производства. Это позволяет обеспечить запас финансовой устойчивости предприятия – то есть возможность при «атаке» конкурентов снижать цену на производимые товары, гарантировать прибыль и сохранять инвестиционную привлекательность предприятия.

Казалось бы, стоят прямо противоположные, взаимоисключающие друг друга задачи:

- расширение ассортимента и повышение качества продукции, как правило, требует дополнительных капиталовложений;
- снижение себестоимости требует максимального сокращения расходов и должно исключать дополнительные затраты.



Рис. 17.1. Пути повышения качества и конкурентоспособности продукции

Возможны два варианта ведения работ, в зависимости от поставленных задач:

Первый вариант – выпускается пользующаяся устойчивым спросом продукция. Необходимо повысить эффективность (прибыльность) производства и стабилизировать качество продукции.

Второй вариант – предприятию необходимо выйти на новый рынок или расширить свою нишу на рынке региона за счёт освоения производства новой продукции.

Алгоритм первого варианта заключается в следующем:

1. Проводится диагностика технологического потока производства, и выявляются подсистемы, операции, процессы, лимитирующие стабильность технологического потока и качества продукции.

2. Проводится анализ результатов диагностики, устанавливаются причины недостаточной стабильности и низкого качества. Разрабатываются предложения по их устранению, рассчитываются затраты на реализацию этих предложений и возможный эффект от их внедрения.

3. Проводится повторная диагностика технологического потока и оценивается фактическая эффективность проведенных изменений.

Выбирается стратегия (на перспективу) развития производства: повышать качество сырья или усложнять технологию переработки и отбраковывать часть низкокачественного сырья.

Алгоритм второго варианта выглядит так (рис. 17.2):

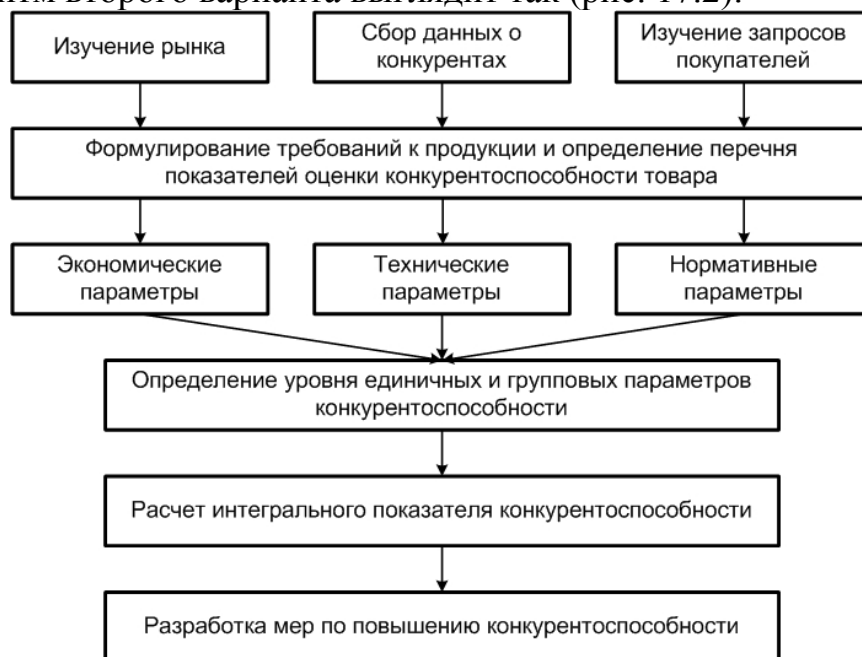


Рис. 17.2. Основные этапы при разработке мер по повышению конкурентоспособности

1. Формируются показатели конечного потребительского продукта, на который хотел бы выйти производитель. Для этих целей:

– Исследуется рынок аналогичных продуктов, анализируются их показатели по соотношению «цена – качество» и находится место («ниша») на рынке для нового, продвигаемого продукта.

– Отбираются наиболее успешно реализуемые продукты (из аналогичных) и выявляются причины их «успешности». Это может быть их дефицит



на рынке, внешняя привлекательность, низкая цена и высокое качество, удачная политика продвижения на рынок и т.д.

– Формируются показатели качества будущего продукта. При этом есть показатели, обеспечение которых, безусловно, необходимо (это показатели безопасности для потребителей, безопасности в производстве и экологической безопасности), и показатели качества, которые способствуют повышению покупательской привлекательности продукта.

– Определяется возможная цена продаж – формирующая все экономические показатели производства. При этом определяются, что важнее – продвижение на рынок или сразу же максимальная прибыль.

2. Исходя из сформированных показателей качества продукции формируются требования ко всем видам используемого сырья и ограничения – допуски на параметры технологических операций производства продукции на предприятии. Формируются требования к условиям хранения и сырья, и готовой продукции, к условиям транспортирования и реализации.

3. Разрабатывается (подбирается) технология и формируется технологический поток производства, гарантирующий обеспечение всех показателей качества, на которые хочет выйти производитель продукции.

4. Оценивается стабильность производства, и рассчитываются экономические показатели с целью определения обеспечен ли выход на необходимый уровень прибыльности.

5. В случае невыхода на необходимый уровень качества продукции и стабильности производства или при недостаточной рентабельности проводятся необходимые корректировки технологического потока производства, допусков на сырьё и условия производства.

6. Формируется сырьевая база, гарантирующая поставки сырья нужного качества в необходимых объёмах.

Повышение качества продукции влияет не только на увеличение продаж продукции предприятия, но и на его имидж, а так же возможность выхода на мировой рынок (рис. 17.3).

#### 4. Методика выполнения и оформления самостоятельной работы

1. Выбрать объект исследования.
2. Определить цель исследования.
3. Выбрать необходимые методы оценки конкурентоспособности исследуемого объекта.
4. Разработать рекомендации по повышению конкурентоспособности исследуемого объекта

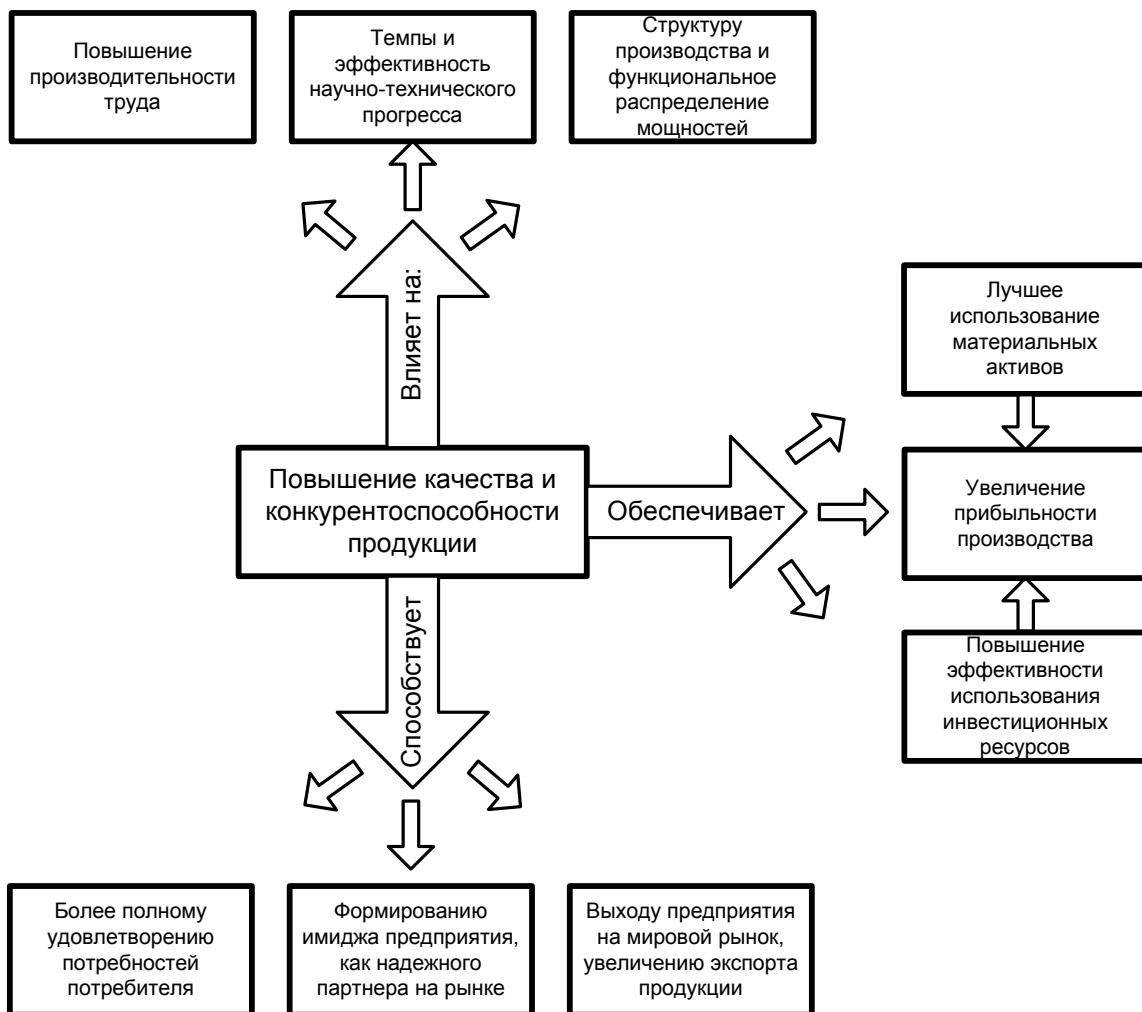


Рис. 17.3. Повышение качества и конкурентоспособности продукции и их влияние на производителя

## 5. Вопросы для самоподготовки

1. Что такое конкурентоспособность?
2. Назовите основные факторы конкурентоспособности предприятия.
3. Укажите основные пути повышения конкурентоспособности продукции и предприятия.
4. Какими методами оценивается конкурентоспособность продукции?
5. Назовите методы оценки конкурентоспособности предприятия.
6. Перечислите основные пути повышения качества и конкурентоспособности продукции и предприятия.
7. Что такое показатели конкурентоспособности?
8. На что влияет повышение конкурентоспособности предприятия?
9. Перечислите обобщающие показатели качества ?

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Во всем цивилизованном мире качеству уделяется приоритетное внимание на всех уровнях управления. Необходимо глубокое освоение методов оценки и управления качеством продукции и всевозможных работ. Нужно осознание того, что повышение качества – это фундаментальная проблема, цель и основная задача практической экономики, в частности, науки, производства и сферы потребления.

В условиях современной конкуренции особое внимание следует уделять вопросам обеспечения качества готовой продукции. Для решения этого вопроса разработано множество методов и инструментов, позволяющих управлять качеством продукции на различных этапах ее жизненного цикла.

В этих условиях несомненный интерес представляет формирование эффективной стратегии развития предприятия, основанной на процессном подходе, и направленной на расширение рынка и получение конкурентных преимуществ за счет создания высококачественной продукции и грамотного анализа рыночной ситуации. Для принятия качественных и эффективных решений необходимо проведение всестороннего качественного анализа качества продукции.

## 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. Калейчик, М.М. Квалиметрия [Текст]: учеб. пособие / М.М. Калейчик. – М.: МГИУ. – 2003. – 200 с.
5. Логанина, В.И. Квалиметрия и управление качеством [Текст]: учеб. пособие / В.И. Логанина, Л.В. Макарова, Р.В. Тарасов. – Пенза: ПГУАС, 2014. – 304 с.
6. Логанина, В.И. Обеспечение качества и повышение конкурентоспособности строительной продукции [Текст]: моногр. / В.И. Логанина, Л.В. Макарова, Р.В. Тарасов. – Пенза: ПГУАС, 2014. – 176 с.
7. Логанина, В.И. Принципы и методы обеспечения качества продукции [Текст]: учеб. пособие / В.И. Логанина, Л.В. Макарова. – Пенза: ПГУАС, 2005. – 132 с.
8. 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.
9. Мазур, И.И. Управление качеством [Текст]: учеб. пособие / И.И. Мазур, В.Д. Шапиро. – М.: Высшая школа, 2003. – 339 с.
10. Макарова, Л.В. Измерение качества продукции и услуг [Текст]: учеб. пособие / Л.В. Макарова, В.И. Логанина, И.С. Великанова. – Пенза: ПГУАС. – 2009. – 72 с.
11. Макарова, Л.В. Экспертные методы в управлении качеством [Текст]: учеб. пособие / Л.В. Макарова, Р.В. Тарасов. – Пенза: ПГУАС, 2012. – 92 с.
12. 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)
13. Метод "Бенчмаркинг" [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.inventech.ru/pub/methods/metod-0029/>
14. 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. – 532с
15. Пономарев, С.В. Квалиметрия и управление качеством. Инструменты управления качеством [Текст]: учеб. пособие / С.В. Пономарев, С.В. Мищенко, Б.И. Герасимов, А.В. Трофимов. – Тамбов: ТГТУ, 2005. – 80 с.

16. Рыжаков, В.В. Основы оценивания качества продукции [Текст]: учебное пособие/ В.В. Рыжаков, В.Б. Моисеев, Л.Г. Пятирублевый. – Пенза: Изд-во Пенз. технол. ин-та, 2001. – 271 с.
17. Субетто, А.И. Квалиметрия [Текст] / А.И. Субетто.– СПб.: Изд-во «Астерион».-2002.– 288 с.
18. Управление качеством продукции. Инструменты и методы менеджмента качества [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://biglibrary.ru/category38/book135/part36>
19. Управление качеством продукции. Инструменты и методы менеджмента качества [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://biglibrary.ru/category38/book135/part34/>
20. Федюкин, В.К. Квалитология [Текст]: учеб. пособие / В.К. Федюкин.– СПб.: Изд-во СПбГИЭУ, 2002. – Ч. 1.
21. Федюкин, В.К. Основы квалиметрии [Текст] / В.К. Федюкин.– М.: Изд-во «ФИЛИНЪ», 2004.
22. Федюкин, В.К. Управление качеством производственных процессов [Текст]: учеб. пособие / В.К. Федюкин. – М.:КНОРУС, 2013.– 232 с.
23. Федюкин, В.К.. Методы оценки и управления качеством продукции [Текст]: учебник / В.К. Федюкин, В.Д. Дурнев, В.Г. Лебедев. – 2-е изд. перераб. и доп. – М.: Информационно-издательский дом «Филинъ», Рилант, 2001. – 328 с.
24. Фомин, В.Н. Квалиметрия. Управление качеством. Сертификация [Текст] / В.Н. Фомин. – М.: Ассоциация авторов и издателей «ТАНДЕМ». Изд-во «ЭКМОС», 2002.
25. Шишкин, И.Ф. Квалиметрия и управление качеством [Текст]: учебник / И.Ф. Шишкин, В.М. Станякин. – М.: Изд-во ВЗПИ, 1992. – 255 с.

## ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие .....	3
ВВЕДЕНИЕ .....	6
Практическое занятие № 1 ПРОЦЕДУРА ОЦЕНКИ УРОВНЯ КАЧЕСТВА ОБЪЕКТОВ .....	7
Практическое занятие № 2 СИСТЕМА ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА ОБЪЕКТОВ .....	12
Практическое занятие № 3 ПРОЦЕДУРА УСТАНОВЛЕНИЯ БАЗОВОГО ОБРАЗЦА.....	16
Практическое занятие № 4 МЕТОДЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ АБСОЛЮТНЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА ИЗУЧАЕМОГО ОБЪЕКТА.....	23
Практическое занятие № 5 ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТОВ ВЕСОМОСТИ СВОЙСТВ ОБЪЕКТА.....	28
Практическое занятие № 6 МЕТОДЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ УРОВНЯ КАЧЕСТВА ОБЪЕКТОВ: ОЦЕНКА УРОВНЯ КАЧЕСТВА ОДНОРОДНЫХ И РАЗНОРОДНЫХ ИЗДЕЛИЙ .....	37
Практическое занятие № 7 МЕТОДЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ УРОВНЯ КАЧЕСТВА ОБЪЕКТОВ: ТОЧЕЧНЫЕ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА ПРОДУКЦИИ, ОСНОВАННЫЕ НА ПРОСТЫХ И КУМУЛЯТИВНЫХ ВЫБОРОЧНЫХ СРЕДНИХ....	63
Практическое занятие № 8 МЕТОДЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ УРОВНЯ КАЧЕСТВА ОБЪЕКТОВ: ИНТЕРВАЛЬНЫЕ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА ПРОДУКЦИИ .....	76
Практическое занятие № 9 ФОРМИРОВАНИЕ ПОТРЕБИТЕЛЬСКИХ СВОЙСТВ И КАЧЕСТВА ОБЪЕКТА НА ВСЕХ СТАДИЯХ ЕГО ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА (ПРОЕКТИРОВАНИЕ, ИЗГОТОВЛЕНИЕ, ХРАНЕНИЕ, ОБРАЩЕНИЕ, РЕАЛИЗАЦИЯ И ПОТРЕБЛЕНИЕ) .....	86
Практическое занятие № 10 ПОДГОТОВКА И ОФОРМЛЕНИЕ ДОКУМЕНТА О РЕЗУЛЬТАТАХ ОЦЕНКИ УРОВНЯ КАЧЕСТВА ИЗУЧАЕМОГО ОБЪЕКТА.....	91
Практическое занятие № 11 МЕТОДЫ КВАЛИМЕТРИИ И ИХ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ В УПРАВЛЕНИИ КАЧЕСТВОМ.....	94

Практическое занятие № 12	
ОПРЕДЕЛЕНИЕ СТРУКТУР, ВХОДЯЩИХ В СМК, ИХ БИЗНЕС- ФУНКЦИЙ (ПРОЦЕССОВ) И МЕТОДОВ РАБОТ .....	100
Практическое занятие № 13	
ОБЕСПЕЧЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОГО ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ СИСТЕМ МЕНЕДЖМЕНТА КАЧЕСТВА И СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ РАБОТ В ОБЛАСТИ КАЧЕСТВА ПРОДУКЦИИ .....	105
Практическое занятие № 14	
ПРОЦЕСС ПЛАНИРОВАНИЯ И ОБЕСПЕЧЕНИЯ КАЧЕСТВА (ВЫПОЛНЕНИЕ ПЛАНОВЫХ РАБОТ ПО КАЧЕСТВУ).....	116
Практическое занятие №15	
СОВРЕМЕННЫЕ ИНСТРУМЕНТЫ КОНТРОЛЯ И АНАЛИЗА КАЧЕСТВА ИЗУЧАЕМЫХ ОБЪЕКТОВ .....	122
Практическое занятие №16	
ИНСТРУМЕНТЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ И УПРАВЛЕНИЯ КАЧЕСТВОМ ОБЪЕКТОВ .....	126
Практическое занятие №17	
УЛУЧШЕНИЕ КАЧЕСТВА КАК ВАЖНЕЙШИЙ ФАКТОР КОНКУРЕНТОСПОСОБНОСТИ ПРЕДПРИЯТИЯ .....	149
ЗАКЛЮЧЕНИЕ .....	155
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК .....	156

Учебное издание

Макарова Людмила Викторовна  
Тарасов Роман Викторович

## КВАЛИМЕТРИЯ И УПРАВЛЕНИЕ КАЧЕСТВОМ

Практикум по направлению подготовки  
27.04.02 «Управление качеством»

В авторской редакции  
Верстка Н.В. Кучина

Подписано в печать 08.06.16. Формат 60×84/16.  
Бумага офисная «Снегурочка». Печать на ризографе.  
Усл.печ.л. 9,3. Уч.-изд.л. 10,0. Тираж 80 экз.  
Заказ № 385.



---

Издательство ПГУАС.  
440028, г. Пенза, ул. Германа Титова, 28.