

Документ подписан простой электронной подписью

Информация о владельце:

ФИО: Емельянов Сергей Геннадьевич

Должность: ректор

Дата подписания: 29.05.2023 16:12:36

Уникальный программный ключ:

9ba7d3e34c012eba476ffd2d064cf2781953be550d9374cd1830ce53606a

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

Государственное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования  
«Юго-Западный государственный университет»  
(ЮЗГУ)

С.В. Ходыревская

**КВАЛИМЕТРИЯ И НОРМИРОВАНИЕ  
ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА**

Учебно-методическое пособие

*Утверждено Учебно-методическим советом  
Юго-Западного государственного университета*

Курск 2010

УДК 658.5  
ББК 30.1  
Х 69

Рецензенты:

Доктор технических наук, профессор *И.В. Богуславский*  
Доктор технических наук, профессор *С.И. Клепиков*

**Ходыревская С.В.**

**Квалиметрия и нормирование показателей качества** [Текст]: учебно-методическое пособие / С.В. Ходыревская; Юго-Зап. гос. ун-т. Курск, 2010. 253 с.: ил. 14, табл. 42, прилож. 11. библиогр.: с. 192.

Содержат сведения о методах квалиметрического анализа, номенклатуре, классификации, выборе и расчете различных групп показателей качества промышленной продукции и их нормировании. Рассматриваются примеры расчета и нормирования показателей качества и весовых коэффициентов показателей качества. Решаются задачи оценки уровня качества продукции экспертными методами. Приведены индивидуальные задания для самостоятельной работы студентов. Даны вопросы для самоконтроля и тест для итогового контроля.

Учебно-методическое пособие соответствует требованиям программы, утвержденной Учебно-методическим объединением по специальности «Управление качеством».

Предназначены для студентов специальности 220501 дневной формы обучения.

**Оглавление**

ПРЕДИСЛОВИЕ	7
ВВЕДЕНИЕ	8
1. КЛАССИФИКАЦИЯ И НОМЕНКЛАТУРА ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА	9
1.1. Понятие показателя качества	9
1.2. Номенклатура показателей качества продукции	11
1.3. Классификация показателей качества продукции по однородности характеризующих свойств	13
1.3.1. Функциональные показатели качества	13
1.3.2. Ресурсосберегающие показатели	28
1.3.3. Показатели безопасности	40
1.4. Классификация показателей качества продукции по этапам выявления характеризующих свойств	48
1.5. Классификация показателей качества продукции по форме представления характеризующих свойств	49
1.6. Классификация показателей качества продукции по числу характеризующих свойств	49
1.7. Примеры расчета показателей качества	52
Задачи для самостоятельного решения	57
Вопросы для самоконтроля	66
2. ФОРМИРОВАНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА	69
2.1. Выбор показателей качества по классификационному признаку	70
2.1.1. Классификация промышленной продукции	70
2.1.2. Выбор показателей качества промышленной продукции	72
2.1.3. Выбор показателей надежности технических изделий	73
2.2. Построение «дерева показателей» продукции	75
2.2.1. Составление описания ситуации оценивания	75
2.2.2. Составление перечня показателей качества	76
2.2.3. Особенности составления перечня показателей качества для продукции, выпускаемой в ассортименте	77
2.2.4. Правила построения «дерева показателей» продукции	79
2.3. Нормирование единичных показателей качества	83
Задания для самостоятельного выполнения	87

Вопросы для самоконтроля	88
<b>3. МЕТОДЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ КОМПЛЕКСНОГО ПОКАЗАТЕЛЯ КАЧЕСТВА ПРОДУКЦИИ</b>	<b>90</b>
3.1 Определение комплексного показателя по принципу среднего взвешенного	92
3.2. Определение комплексного показателя способом ранжирования по трехуровневой шкале	95
Задания для самостоятельного выполнения	98
Вопросы для самоконтроля	104
<b>4. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВЕСОВЫХ КОЭФФИЦИЕНТОВ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА</b>	<b>106</b>
4.1. Экспертные методы определения весовых коэффициентов	106
4.1.1 Способ ранжирования	106
4.1.2. Способ непосредственного оценивания	108
4.1.3. Способ попарного сопоставления	110
4.1.4. Способ двойного попарного сопоставления	114
4.1.5. Способ последовательных сопоставлений	116
4.2. Способы уточнения весовых коэффициентов	117
4.2.1. Первый способ уточнения весовых коэффициентов методом последовательного приближения	118
4.2.2. Второй способ уточнения весовых коэффициентов методом последовательного приближения	120
4.2.3. Третий способ уточнения весовых коэффициентов методом последовательного приближения	121
4.3. Оценка согласованности экспертных данных	123
4.3.1. Оценка согласованности экспертных данных по коэффициенту конкордации	123
4.3.2. Оценка согласованности экспертных данных по коэффициенту вариации	128
4.4. Способы назначения нормированных коэффициентов весомости	129
4.4.1 Нормирование коэффициентов весомости по уровням и ветвям дерева свойств	130
4.4.2.Способ вспомогательной процентной шкалы	132
4.4.3. Способ эталонного ряда	134

Задания для самостоятельного выполнения	136
Вопросы для самоконтроля	153
<b>5. ОЦЕНКА УРОВНЯ КАЧЕСТВА ПРОДУКЦИИ</b>	<b>154</b>
5.1. Выбор базового образца для сравнения показателей	156
5.2. Экспертные методы оценки уровня качества	160
5.2.1. Дифференциальный метод	161
5.2.2. Комплексный метод	164
5.2.3. Обобщение дифференциального метода	168
Задания для самостоятельного выполнения	174
Вопросы для самоконтроля	190
<b>ЗАКЛЮЧЕНИЕ</b>	<b>191</b>
<b>БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК</b>	<b>192</b>
<b>ИТОГОВЫЙ ТЕСТ</b>	<b>194</b>
<b>ПРИЛОЖЕНИЯ</b>	<b>202</b>

## ПРЕДИСЛОВИЕ

Предлагаемое учебно-методическое пособие является составной частью дисциплины «Квалиметрия и нормирование показателей качества», предусмотренной учебным рабочим планом специальности 340100 «Управление качеством». При изучении данной дисциплины студентам необходимо получить знания, которые послужат основой при изучении такой науки, как «Квалиметрия».

Квалиметрия – отрасль науки, изучающая и реализующая методы количественной оценки качества. Для объективной оценке качества продукции необходимо охарактеризовать ее свойства количественно. Для этого и применяют показатели качества – количественную характеристику одного или нескольких свойств продукции, составляющих ее качество, рассматриваемую применительно к определенным условиям ее создания, эксплуатации и потребления.

Поэтому цель данного учебно-методического пособия – научить студентов выбирать и рассчитывать показатели качества промышленной продукции и их весовые коэффициенты, а также проводить оценку уровня качества продукции экспертными методами.

В ходе выполнения практических работ студент изучит классификацию промышленной продукции и методы выбора различных групп показателей качества по классификационным признакам, а также методы расчета как единичных, так и комплексных показателей качества; получит навыки формирования единичных и комплексных показателей качества для различных групп потребителей; получит необходимые сведения о способах нормирования весовых коэффициентов, экспертных методах определения и уточнения весовых коэффициентов показателей качества и их практическом применении; научится применять экспертные методы для оценки уровня качества продукции.

В каждой главе излагаются краткие теоретические сведения, разобраны типовые примеры, даны индивидуальные задания для самостоятельной работы студентов, вопросы для самоконтроля и итоговый тест.

Данное учебно-методическое пособие может быть использовано для индивидуальной аудиторной самостоятельной работы студентов, а также в качестве пособия для внеаудиторной подготовки.

## ВВЕДЕНИЕ

Настоящее учебно-методическое пособие предназначено для студентов 1 курса специальности 220501 «Управление качеством», изучающих дисциплину «Квалиметрия и нормирование показателей качества».

Цель данного учебно-методического пособия – научить студентов выбирать и рассчитывать показатели качества промышленной продукции, определять их весовые коэффициенты и проводить оценку уровня качества продукции.

Материал обучающей программы разбит на пять глав. В первой главе рассматривается классификация и номенклатура показателей качества. Дано понятие показателя качества и номенклатуры показателей качества. Рассматриваются группы показателей качества продукции по классификационным признакам. Приводятся примеры расчета рассмотренных показателей качества и задания для самостоятельной работы студентов по данной теме.

Вторая глава посвящена рассмотрению вопроса о формировании показателей качества. В ней излагается теория и практика выбора показателей качества по классификационным признакам, а также правила построения «дерева показателей» продукции. Рассматривается методика нормирования единичных показателей качества. Для закрепления теоретических знаний и практических навыков по формированию показателей качества промышленной продукции студентам предлагается выполнить задания. Приведены примеры решения практических задач по данной тематике.

В третьей главе рассматриваются методы определения комплексного показателя качества, приводятся примеры расчета и задания для самостоятельного выполнения.

В четвертой главе представлены экспертные методы определения весовых коэффициентов показателей качества, способы их уточнения и нормирования, а также оценка согласованности экспертных данных. Приведены примеры решения таких задач и даны задания для самостоятельного выполнения.

Пятая глава посвящена важнейшему вопросу квалиметрии – объективному установлению уровня качества продукции. В данной главе рассматриваются основные понятия, применяемые при оценке уровня качества, а также последовательность установления уровня качества продукции. Рассматриваются способы выбора базовых образцов для сравнения показателей и экспертные методы оценки уровня качества продукции. Представлены классические квалиметрические задачи, методы их решения и задания по ним. Приведены примеры решения таких задач.

В каждой главе разобраны типовые примеры, даны индивидуальные задания для самостоятельной работы студентов и вопросы для самоконтроля.

В заключении приведен тест для итогового контроля знаний студентов.

Данное учебно-методическое пособие может быть использовано для индивидуальной аудиторной самостоятельной работы студентов, а также в качестве пособия для внеаудиторной подготовки.



## 1. КЛАССИФИКАЦИЯ И НОМЕНКЛАТУРА ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА

### 1.1. Понятие показателя качества

Для того чтобы каким-то образом оценить качество продукции, его надо измерить. Измерять необходимо некоторую совокупность свойств продукции, обуславливающих её пригодность удовлетворять определенные потребности в соответствии со своим назначением [1].

*Свойство продукции — это объективная особенность, которая проявляется при создании, эксплуатации или потреблении изделия.*

Например, измерительный прибор проявляет при эксплуатации свойства, которые определяют его пригодность для решения измерительных задач: метрологические, эксплуатационные, надежность, удобство восприятия информации. Кроме того, прибор обладает и другими свойствами, проявляющимися на этапе разработки, изготовления, выбора и заказа или приобретения: новизна технических решений, прогрессивность элементной базы и технологии, затраты труда и материалов, цена и т.д.

Все свойства делят на простые и сложные. К числу простых свойств можно отнести грузоподъемность и скорость автомобиля, мощность двигателя, усилие пресса и т. п. Примером сложного свойства является надежность. Сложные свойства продукции можно разложить на более простые. Так, надежность включает в себя такие свойства (также сложные), как безотказность, ремонтпригодность, долговечность и сохраняемость. Каждое из этих свойств может быть представлено совокупностью более простых, например, из числа установленных ГОСТ 27.003-90, таких как интенсивность отказов, вероятность безотказной работы, интенсивность восстановления и т.д.

*Показатель качества продукции — количественная характеристика одного или нескольких свойств продукции, составляющих ее качество, рассматриваемая применительно к определенным условиям ее создания, эксплуатации и потребления.*

Показатели качества продукции непосредственно связаны с понятиями признака и параметра продукции. В соответствии с ГОСТ 15467-79 признаком продукции является качественная или количественная ха-

рактика любых её свойств и состояний, а *параметр продукции* – это признак продукции, количественно характеризующий любые ее свойства и состояния.

Количественный признак является параметром продукции и может быть одним из показателей её качества. Качественный признак определяется количественно для чего необходимо сопоставить ему некоторую шкалу и оценить его в балах этой шкалы.

Многие показатели качества являются функциями параметров продукции. Например, показатель долговечности сверла зависит от ширины направляющей ленточки (геометрического параметра) и от механических характеристик материала сверла (структурных параметров).

Взаимосвязи между вышеприведенными понятиями показаны на рисунке 1.



Рис.1. Взаимосвязь признаков, параметров и показателей качества

Регламентация принципов выбора системы показателей отражается в нормативно-справочной документации. Кроме того, количественные методы оценки качества составляют самостоятельный раздел управления качеством – квалиметрию.

## **1.2. Номенклатура показателей качества продукции**

*Номенклатура показателей качества продукции – это совокупность (перечень) характеристик свойств продукции, выражающих ее качественную определенность как продукта производства и средства удовлетворения потребности.*

Обоснование и назначение номенклатуры показателей – исходный момент объективной комплексной оценки качества продукции. От полноты перечня показателей, четкости их количественного определения, в конечном счете, зависит достоверность ее результатов и выбор лучших вариантов. Номенклатура показателей качества продукции должна обеспечивать сопоставимость проектируемой или выпускаемой продукции с потребностью, для удовлетворения которой она предназначена.

Есть продукция, оценить качество которой можно по одному показателю, и этого будет достаточно, например ходимость шины, количество отверстий, которые можно просверлить сверлом. Однако круг такой продукции довольно ограничен. Для большинства изделий необходимо учитывать все или почти все группы показателей качества.

Существуют стандарты, которые регламентируют номенклатуру важнейших показателей качества продукции [2-4]. Существующая система показателей качества промышленной продукции является не только основой для унификации применяемых, но и базисом для формирования новых групп показателей качества. Обычно показатели качества серийно выпускаемой продукции выбирают из числа технических и технико-экономических. При этом руководствуются ГОСТ 22851-77 «Выбор номенклатуры показателей качества промышленной продукции». Наиболее распространенным способом подбора показателей качества со стороны производителей является использование карты технического уровня продукции, составленной в соответствии с ГОСТ 2.116-84 «Карта технического уровня и качества продукции».

В настоящее время для многих групп и видов изделий регламен-

тированы типовые показатели качества. Серии стандартов на показатели качества отдельных видов продукции присвоен заголовок «Система показателей качества продукции» и общий номер 4. Например, ГОСТ 4.142-85 «Система показателей качества продукции. Лампы электрические. Номенклатура показателей». Подобные стандарты собраны в группу Т 51: Система документации, определяющей показатели качества, надежности и долговечности.

Это позволяет регламентировать номенклатуру важнейших показателей качества продукции, принадлежащей к определенной классификационной группировке. Благодаря этому достигается однообразие показателей качества, включаемых в стандарты, технические условия и технические требования, а также в другую нормативно-техническую документацию на продукцию данной классификационной группировки.

Целями системы этих стандартов являются установление и использование необходимой и достаточной номенклатуры показателей качества при решении задач управления качеством продукции и стандартизации, в том числе: при аттестации и оценке технического уровня и качества продукции; разработке и постановке продукции на производство; разработке стандартов и технических условий на продукцию; сертификации продукции.

Классификация показателей качества продукции, разработанная на основе ГОСТ 22851-77 и РД 50-149-79 представлена в таблице 1.

Таблица 1

## Классификация показателей качества продукции

Признак классификации	Группы показателей качества продукции
по характеризующим свойствам	функциональные, ресурсосберегающие, безопасности
по этапам выявления характеризующих свойств	прогнозируемые, проектные, производственные, эксплуатационные
по форме представления характеризующих свойств	абсолютные, относительные, удельные
по числу характеризующих свойств	единичные, комплексные

Рассмотрим более подробно группы показателей качества продукции по указанным классификационным признакам.

### **1.3. Классификация показателей качества продукции по однородности характеризующих свойств**

Классификация показателей качества по однородности характеризующих ими свойств представлена на рисунке 2 (раскрыты не все подгруппы показателей).

#### ***1.3.1. Функциональные показатели качества***

*Функциональные показатели* качества характеризует техническую возможность продукции обеспечивать необходимый полезный эффект и выражают прогрессивность конструкции.

Функциональные показатели качества подразделяются на группы:

- показатели назначения;
- эргономические;
- эстетические;
- надежности.

**Показатели назначения** определяют основную функцию, для выполнения которой продукция предназначена, и обуславливают область ее применения. Группу показателей назначения подразделяют на четыре подгруппы:

- классификационные показатели;
- показатели функциональной и технической эффективности;
- конструктивные показатели;
- показатели состава и структуры.

**Классификационные показатели** – определяют принадлежность продукции к определенной классификационной группировке (мощность электродвигателя, ёмкость ковша экскаватора, пределы измерений вольтметра и т.д.).

На практике используют два основных вида классификации: фасетный и иерархический.

При *фасетном методе классификации* подмножества объектов объединяются в одну группу по одному из присущих им признаков (свойств).



Рис. 2. Классификация показателей качества по однородности характеризующих свойств

Примером фасетной классификации является классификация сталей. Все стали подразделяются по чистоте химического состава на четы-

ре группы: обыкновенного качества, качественные, высококачественные, особовысококачественные. Главным признаком качества сталей является минимальное содержание в ней вредных примесей, таких как сера и фосфор. Предельное содержание фосфора ( $P$ ) и серы ( $S$ ) для разных групп сталей приведены в таблице 2.

Таблица 2

## Классификация сталей по чистоте состава от вредных примесей

Группа стали	Содержание примесей, %	
	$P$	$S$
обыкновенного качества	0,040	0,050
качественная	0,035	0,035
высококачественная	0,025	0,025
особо высококачественная	0,025	0,015

Кроме классификации сталей по чистоте состава от вредных примесей существуют и другие классификации, например по назначению. Это такие группы сталей, как конструкционные, инструментальные, пружинно-рессорные, шарикоподшипниковые и т.д.

При *иерархическом методе классификации* каждая последующая ступень классификации характеризует признак вышестоящей ступени. Примером иерархической классификации является классификация спектральных приборов. Спектральные приборы классифицируют по типу и классу. В зависимости от типа применяемого приемника спектральные приборы условно разделяют на спектроскопы с визуальной регистрацией спектра, спектроскопы с фотографической регистрацией, спектрометры и спектрофотометры с фотоэлектрической регистрацией. В свою очередь каждый тип спектральных приборов подразделяется на следующие классы по виду диспергирующего элемента: призмные, дифракционные, интерференционные. Кроме того, каждый спектральный прибор можно подразделять по области дисперсии, разрешающей способности, светосиле и фотометрической точности.

Классификационными показателями качества также могут быть: число посадочных мест и мощность двигателя - для автобусов; грузоподъемность, эксплуатационная скорость, проходимость - для грузовых автомобилей; пределы измерения, разрешающая способность - для измерительных приборов; высота центров и расстояние между центрами -

для металлообрабатывающих станков.

**Показатели функциональной и технической эффективности** – характеризуют полезный эффект от использования и прогрессивность технических решений, закладываемых в продукцию. Для технических объектов эти показатели называются эксплуатационными. К ним относятся такие показатели как: удельная мощность, производительность станка, грузоподъемность крана, прочность ткани, калорийность пищевых продуктов, точность выполнения операции, класс точности прибора, время переналадки технологического комплекса и т.д.

Перечень показателей, характеризующих функциональную и техническую эффективность, зависят от объекта исследования, поэтому о содержании функциональных показателей и показателей технической эффективности нельзя говорить обобщенно. Показатели функциональной и технической эффективности рассматриваются отдельно для каждого конкретного изделия.

**Конструктивные показатели** – характеризуют основные проектно-конструкторские решения изготовления и установки продукции, возможность ее агрегатирования и взаимозаменяемости. К конструктивным показателям относятся: габаритные и монтажные размеры; коэффициент сборности (блочности) изделия; уровень механизации или автоматизации работы изделия; наличие дополнительных устройств (таких, как наличие календаря в часах или домкрата для автомобилей) и т.п.

**Коэффициент сборности (блочности)** изделия характеризует простоту и удобство его монтажа и представляет собой часть, долю конструктивных элементов в общем количестве элементов изделия. Коэффициент сборности (блочности) изделия определяют по формуле:

$$K_{сб} = \frac{Q_c}{Q_{об}} = 1 - \frac{Q_n}{Q_{об}}, \quad (1)$$

где  $Q_c$  – количество специфицируемых составных частей изделия;

$Q_n$  – количество неспецифицируемых составных частей изделия;

$Q_{об}$  – общее количество составных частей изделия, определяется как

$$Q_{об} = Q_c + Q_n \quad (2)$$

Количество специфицируемых и неспецифицируемых частей из-



деля определяются из сведений о составе изделия, содержащихся в спецификации.

Уровень механизации и автоматизации определяется показателем относительной экономии живого труда в оцениваемом варианте производства работ по сравнению с базовым:

$$y_m = \frac{\sum A_{баз} - \sum A_{оц}}{\sum A_{оц}} 100, \quad (3)$$

где  $\sum A_{баз}$  - суммарные затраты физической энергии рабочих на изготовление предмета труда в базовом варианте технологического процесса, МДж;

$\sum A_{оц}$  - суммарные затраты энергии в оцениваемом варианте технологического процесса, МДж.

Конструктивные показатели технических изделий рассчитывают на этапе их разработки (при проектировании и конструировании), но учитывают на всех последующих этапах жизненного цикла продукции.

**Показатели состава и структуры** – характеризуют содержание в продукции химических элементов и структурных групп. Показатели состава и структуры технических изделий входят в подгруппу конструктивных показателей. А показатели состава и структуры других изделий рассматриваются самостоятельно в силу их специфичности. Показателями состава и структуры являются процентное содержание веществ в продуктах питания, материалах, сырье. Например, процентное содержание легирующих добавок в стали; процентное содержание серы и золы в коксе; процентное содержание сахара, соли в пищевых продуктах; концентрация примесей в кислотах и др.

**Эргономические показатели** характеризуют приспособленность продукции к использованию ее человеком в производственных и бытовых процессах, протекающих в системах человек – машина, человек – рабочее место, человек – окружающая среда, устанавливают соответствие свойств изделия тем или иным свойствам человека. Рекомендуется устанавливать следующие эргономические показатели качества:

- гигиенические показатели;
- антрометрические показатели;

- физиологические показатели;
- психофизиологические показатели;
- психологические показатели.

**Гигиенические показатели** – характеризуют условия жизнедеятельности и работоспособности человека при его взаимодействии с продукцией (освещённость, температура, влажность, давление, запылённость, токсичность, уровни шума, вибрации, напряженность электрических и магнитных полей и т.д.).

**Антропометрические показатели** – характеризуют соответствие изделия (машины) размеру, форме и весу человека. Например, расположение и размеры органов управления и т.д.

В эту подгруппу входят показатели соответствия:

- конструкции изделия размерам человека;
- конструкции изделия форме тела человека и его отдельных частей;
- конструкции изделия распределению веса человека.

**Физиологические показатели** – характеризуют соответствие изделия силовым, двигательным и другим возможностям человека. Например, усилие на ручку, скорость движений, масса переносимых изделий и др.

**Психофизиологические показатели** – характеризуют соответствие изделия особенностям функционирования органов чувств человека. Например, пороги чувствительности слуха, зрения, тактильных ощущений, размеры, яркость, контрастность и цвет индикаторов и др.

**Психологические показатели** – характеризуют соответствие продукции возможностям восприятия и переработки информации человеком, закрепленным и вновь формируемым навыкам человека по использованию изделия (например, объём зрительной, слуховой информации и др.).

**Эстетические показатели** характеризуют степень эмоционального воздействия продукции на человека, степень соответствия продукции эстетическим запросам определенных групп потребителей в конкретных условиях потребления. Они включают следующие подгруппы показателей:

- показатели информационной выразительности;
- показатели рациональности формы;

- показатели целостности композиции;
- показатели совершенства производственного исполнения;
- показатели стабильности товарного вида.

**Показатели информационной выразительности** – характеризуют способность изделия выражать своей формой эстетическое представление и культурные нормы, сложившиеся в обществе. Например, оригинальность художественного замысла, соответствие стиля окружающей среде, образную и декоративную выразительность внешнего вида, соответствие моде и т.д.

**Показатели рациональности формы** – характеризуют соответствие формы изделия объективным условиям его изготовления и эксплуатации, а также выраженность в форме функционально-конструктивной сущности изделия. Например, масштабная согласованность формы целого и частей, соответствие формы назначению продукции, условиям ее изготовления и эксплуатации, применяемым материалам.

**Показатели целостности композиции** – характеризуют гармоничность единства частей и целого, эффективность использования профессионально-художественных средств для создания полноценного композиционного решения, органическую взаимосвязь элементов формы изделия и его согласованность с ансамблем других изделий. Например, гармоничное единство частей и целого, упорядоченность графических и выразительных элементов, колорит и декоративность.

**Показатели совершенства производственного исполнения** – характеризуют эстетическое восприятие совершенства производственного исполнения формы и внешнего вида изделия. Например, чистота выполнения контуров и сопряжений, качество отделки и покрытий, четкость выполнения фирменных знаков и указателей, сопроводительной документации.

**Показатели стабильности товарного вида** – характеризуют эстетическое восприятие стабильности товарного вида изделия. Например, защищенность элементов формы и поверхностей, покрытий от повреждений, истирания, изменений внешнего вида и др.

**Показатели надежности** имеют большое значение при оценке качества машин, механизмов, приборов, оборудования.

Они характеризуют свойства продукции сохранять во времени в

установленных пределах значения всех параметров, выражающих способность выполнять требуемые функции в заданных режимах и условиях применения, технического обслуживания, ремонта, хранения и транспортирования. Основные понятия, термины и их определения, характеризующие надежность техники сформулированы в ГОСТ 27.002-89.

Показатели надежности включают следующие подгруппы показателей:

- безотказность;
- долговечность;
- ремонтпригодность;
- сохраняемость.

**Безотказность** – свойство сохранять работоспособность в течение некоторого времени или наработки в определенных условиях эксплуатации без вынужденных перерывов. Единичными показателями, характеризующими безотказность, являются:

- вероятность безотказной работы  $P(t)$ ;
- интенсивностью отказов ( $\lambda$ );
- средняя наработка до первого отказа ( $T_{cp}$ );
- параметр потока отказов ( $\Omega$ );
- наработка на отказ ( $T$ );
- условная средняя наработка до первого отказа  $T_{cp}^*$ .

Общим показателем как для ремонтируемых, так и для неремонтируемых изделия является вероятность безотказной работы  $P(t)$ .

*Вероятностью безотказной работы* называется вероятность того, что в пределах определенного промежутка времени или объема работ не произойдет отказ.

*Отказ* – событие, в результате которого происходит полная или частичная утрата работоспособности изделия. Отказы классифицируют по причинам возникновения, по характеру возникновения и по характеру проявления, а также по возможности и сложности устранения.

Причинами возникновения отказов могут быть: неправильное проектирование или конструирование; неправильная разработка технологического процесса, его нарушение или ошибки в выборе и применении технологической оснастки; несоблюдение правил и режимов эксплуата-

ции изделий, повышенные воздействия внешних факторов.

По характеру возникновения отказы подразделяются на внезапные, постепенные.

*Внезапные отказы* - отказы, которые происходят при скачкообразном изменении параметров изделия, их нельзя заранее предусмотреть.

*Постепенные отказы* - отказы, возникающие вследствие постепенного изменения одного или нескольких параметров (износа, перегрева, старения и деформации) отдельных элементов изделия.

По характеру проявления отказы подразделяются на явные и неявные.

*Вероятность безотказной работы* определяется соотношением:

$$P(t) = \frac{N(t)}{N_0}, \quad (4)$$

где  $N_0$  – количество изделий работающих в начале промежутка времени;

$N(t)$  – количество исправных изделий в конце промежутка времени.

*Интенсивностью отказов* ( $\lambda$ ) называют вероятность отказа неремонтируемого изделия в единицу времени, при условии, что отказ до этого не произошел. Она может быть определена по следующей формуле:

$$\lambda = \frac{\Delta n}{N(t)\Delta t}, \quad (5)$$

где  $\Delta n$  – число изделий, отказавших за время  $\Delta t$ ;

$N(t)$  - количество исправных изделий в конце промежутка времени  $t$ .

*Средней наработкой до первого отказа* ( $T_{cp}$ ) является среднее значение наработки изделий в партии до первого отказа. Она определяется выражением:

$$T_{cp} = \frac{\sum_{i=1}^n T_i}{n}, \quad (6)$$

где  $T_i$  – время работы  $i$ -го изделия до первого отказа;

$n$  – количество изделий в партии, для которой определяется  $T_{cp}$

*Параметром потока отказов ( $\Omega$ )* называется среднее количество отказов ремонтируемого изделия в единицу времени, взятое для рассматриваемого момента времени. Он определяется по формуле:

$$\Omega = \frac{\Delta n}{N_0 \Delta t}, \quad (7)$$

где  $N_0$  – количество изделий, проработавших в промежутке времени  $t$ ;

$\Delta n$  – число изделий, отказавших за время  $\Delta t$ .

Следует учитывать, что при определении величины  $\Omega$  изделия, отказавшие в течение времени  $t$  ремонтируются. В этом случае  $N_0 = N(t)$ .

*Наработкой на отказ ( $T$ )* называется среднее значение наработки на отказ ремонтируемого изделия между отказами.

*Наработка* — продолжительность (в часах или циклах) или объем работы изделия (в тоннах, киловаттах и т.п.).

*Наработка на отказ ( $T$ )* определяется по формуле:

$$T = \frac{\sum_{i=1}^n T_{cpi}}{n}, \quad (8)$$

где  $T_{cpi}$  – среднее значение наработки на отказ  $i$ -го изделия;

$n$  – число изделий в исследуемой партии.

Значение  $T_{cpi}$  находится по формуле:

$$T_{cpi} = \frac{\sum_{j=1}^m T_{ij}}{m}, \quad (9)$$

где  $T_{ij}$  – среднее время исправной работы  $i$ -го изделия между  $j$ -первым и  $(j+1)$ -м отказами;

$m$  – число отказов  $i$ -го изделия.

Для характеристики безотказности как ремонтируемых, так и неремонтируемых изделий используют показатель, называемый условной средней наработкой до первого отказа  $T_{cp}^*$

*Условной средней наработкой до первого отказа  $T_{cp}^*$*  называют

среднюю наработку на отказ при условии, что изделие, выполнившее заданный объем работы (ресурс) или проработавшее заданный срок службы, заменяется новым.

*Долговечность* – свойство продукции сохранять во времени работоспособность до наступления предельного состояния при установленной системе технического обслуживания и ремонтов.

К показателям долговечности относятся:

- средний ресурс  $T_p$ ;
- гамма-процентный ресурс  $T_{p\gamma}$ ;
- назначенный ресурс  $T_{pн}$ ;
- установленный ресурс  $T_{pу}$ ;
- средний срок службы  $T_{сл}$ ;
- гамма-процентный срок службы  $T_{сл,\gamma}$ ;
- назначенный срок службы  $T_{сл,н}$ ;
- установленный срок службы  $T_{сл,у}$ .

Понятие «ресурс» применяют при характеристике долговечности по наработке объекта, а «срок службы» – по календарному времени.

*Средний ресурс изделия ( $T_p$ )* – это математическое ожидание его ресурса. На практике ограничиваются определением оценки среднего ресурса:

$$T_p = \frac{\sum_{i=1}^N T_{pi}}{N}, \quad (10)$$

где  $T_{pi}$  – ресурс  $i$ -го объекта;

$N$  – число испытываемых изделий.

*Гамма-процентный ресурс ( $T_{p\gamma}$ )* выражает наработку, в течение которой изделие с заданной вероятностью  $\gamma$  процентов не достигает предельного состояния. Основным достоинством этого показателя является возможность его определения до завершения испытаний. В большинстве случаев используют критерий 90 % ресурса.

Вероятность обеспечения гамма-процентного ресурса, соответствующего значению  $\gamma/100$ , определяют по формуле:

$$P(T_{p\gamma}) = \int_{T_{p\gamma}}^{\infty} P(T_p) dT_p = \frac{\gamma}{100}, \quad (11)$$

где  $T_p$  – наработка до предельного состояния (ресурса);

$\gamma$  – число изделий (%), не достигающих с заданной вероятностью предельного состояния.

*Назначенный ресурс* ( $T_{рн}$ ) – суммарная наработка, при достижении которой применение изделия по назначению должно быть прекращено независимо от технического состояния.

*Установленный ресурс* ( $T_{рy}$ ) – технически обоснованная или заданная величина ресурса, обеспечиваемая конструкцией, технологией и условиями эксплуатации, в пределах которой изделие не должно достигать предельного состояния.

*Средний срок службы* ( $T_{сл}$ ) – математическое ожидание срока службы. Оценку среднего срока службы определяют по формуле:

$$T_{сл} = \frac{\sum_{i=1}^N T_{сл.i}}{N}, \quad (12)$$

где  $T_{сл.i}$  – срок службы  $i$ -го объекта.

$N$  – число испытываемых изделий.

*Гамма-процентный срок службы* ( $T_{сл,\gamma}$ ) – календарная продолжительность эксплуатации, в течение которой изделие не достигает предельного состояния с вероятностью  $\gamma$ , выраженной в процентах. Гамма-процентный срок службы определяют по формуле:

$$P(T_{сл}) = \int_{T_{сл}}^{\infty} P(T_{сл}) dT_{сл} = \frac{g}{100} \quad (13)$$

*Назначенный срок службы* ( $T_{сл.н}$ ) – суммарная календарная продолжительность эксплуатации, при достижении которой применение изделия по назначению должно быть прекращено независимо от технического состояния.

*Установленный срок службы* ( $T_{сл,y}$ ) – технико-экономически обоснованный срок службы, обеспечиваемый конструкцией, технологией и эксплуатацией, в пределах которого изделие не должно дости-



гать предельного состояния.

Предельный срок службы – календарная продолжительность эксплуатации или использования изделия до момента списания или снятия с производства. Определяется аналогично среднему сроку службы.

**Ремонтопригодность** – свойство изделия, заключающееся в его приспособленности к предупреждению, обнаружению и устранению отказов и неисправностей путем проведения технического обслуживания и ремонтов.

К показателям ремонтпригодности относятся:

- среднее время восстановления работоспособного состояния  $T_B$ ;
- вероятность восстановления работоспособного состояния  $P_B(t)$ ;
- интенсивность восстановления  $\mu(t)$ ;
- коэффициент аварийного простоя  $K_a$ ;
- среднее число ремонтов (восстановлений) за время  $t$  –  $H(t)$ ;
- коэффициент ремонтосложности  $R$ .

*Вероятность восстановления работоспособного состояния  $P_B(t)$*  представляет собой вероятность того, что случайное время восстановления изделия  $t_B$  будет не более заданного, т.е.

$$P_B(t_B) = P(t_B \leq T_B) \quad (14)$$

Для большинства изделий вероятность восстановления подчиняется экспоненциальному закону распределения:

$$P_B(t) = e^{-\lambda t_B}, \quad (15)$$

где  $\lambda$  – интенсивность отказов;

$t_B$  – время восстановления.

*Среднее время восстановления* – математическое ожидание времени восстановления изделия. Оценка среднего времени восстановления определяется по формуле:

$$T_B = \frac{\sum_{k=1}^m T_{BK}}{m}, \quad (16)$$

где  $T_{BK}$  – время восстановления  $k$ -го отказа изделия, равное сумме времени затраченного на отыскание отказа  $t_0$ , и времени  $t_v$  на его устранение;

$m$  — число отказов за заданный срок испытаний или эксплуатации.

*Интенсивность восстановления* представляет собой число восстановлений в единицу времени:

$$\mu(t) = \frac{1}{T_B}, \quad (17)$$

*Коэффициент аварийного простоя*  $K_a$  характеризует вероятность восстановления изделия в любой момент времени:

$$K_a = \frac{\sum_{i=1}^n t_{Bi}}{\sum_{i=1}^n t_i + \sum_{i=1}^n t_{Bi}}, \quad (18)$$

где  $t_B$  – время простоя до ремонта  $i$ -го изделия;

$t_{Bi}$  – время восстановления  $i$ -го изделия;

$n$  — число отказов.

*Коэффициент ремонтосложности*  $R$  характеризует объем ремонтных работ за год в физических единицах ремонтосложности. Коэффициент ремонтосложности определяют как сумму коэффициентов ремонтосложности механической части машин  $R_M$  и электрической ее части  $R_э$ :

$$R = R_M + R_э \quad (19)$$

Объем ремонтных работ, выполняемых при капитальном ремонте механической и электрической части любого станка (машины) оценивается числом единиц ремонтосложности, который зависит только от конструктивных и технологических особенностей изделия и называется стабильной ремонтосложностью данного станка (машины).

Единицу ремонтосложности подразделяют на единицу ремонтосложности механической части машин и единицу ремонтосложности электрической части.

Единица ремонтосложности механической части машин – это ремонтосложность некоторой условной машины, трудоемкость капитального ремонта механической части которой, отвечающего по объему и качеству требованиям ТУ на ремонт, равна 50 ч в неизменных организационно-технических условиях среднего ремонтного цеха машиностроительного предприятия.

Единица ремонтосложности электрической части машин – это ремонтосложность некоторой условной машины, трудоемкость капитального ремонта электрической части которой, отвечающего по объему и качеству требованиям ТУ на ремонт, равна 12,5 ч в тех же условиях.

Механическая часть станков и машин может состоять из различных частей, в частности из кинематической, гидравлической и пневматической. Ремонтосложность механической части обозначают соответственно  $R_k$ ,  $R_r$  и  $R_{пн}$ . Электрическая часть станков и машин состоит из электрических приборов, проводки, ремонтосложность которых обозначают  $R_a$ , и электродвигателей  $R_d$ .

Коэффициент ремонтпригодности детали, узла, изделия –  $K_{рем.пр}$ . Коэффициент ремонтпригодности узла (детали) изделия характеризуется отношением времени непосредственного выполнения ремонта узла (детали) к общим затратам времени на ремонт изделия, включая выявление дефекта изделия, его разборку, наладку и сборку.

**Сохраняемость** – свойство изделия сохранять установленные эксплуатационные показатели в течение и после срока хранения и транспортирования, установленного в технической документации.

К показателям сохраняемости относятся:

- средний срок сохраняемости  $T_c$ ;
- гамма процентный срок сохраняемости  $T_{с\gamma}$ ;
- назначенный срок хранения  $T_{с.н.}$ ;
- установленный срок сохраняемости (срок сохраняемости)  $T_{с.у.}$

*Сроком сохраняемости ( $T_c$ )* называется календарная продолжительность хранения и (или) транспортирования изделия в заданных условиях, в течение и после которой значения показателей качества остаются в установленных пределах. Показатели сохраняемости устанавливаются по результатам испытаний.

*Средним сроком сохраняемости технических изделий ( $T_{cp}$ )* называется математическое ожидание его срока сохраняемости. Средний срок сохраняемости определяют по формуле:

$$T_{cp} = \frac{\sum_{i=1}^n T_{ci}}{N} \quad (20)$$

где  $T_{ci}$  – срок сохраняемости  $i$ -го изделия.

*Гамма-процентный срок сохраняемости ( $T_{cy}$ )* – календарная продолжительность хранения и (или) транспортирования изделия в течение и после которой показатели безотказности, долговечности и ремонтпригодности изделия не выйдут за установленные пределы с вероятностью  $\gamma$ , выраженной в процентах.

*Гамма-процентный срок сохраняемости* определяют по формуле (13).

*Назначенный срок хранения* – календарная продолжительность хранения в заданных условиях, по истечении которой применение изделия по назначению не допускается независимо от его технического состояния.

*Установленным сроком сохраняемости* называют технико-экономически обоснованный срок хранения, обеспечиваемый конструкцией и эксплуатацией, в пределах которого показатели безотказности, долговечности и ремонтпригодности остаются теми же, какими они были у изделия до начала его хранения и (или) транспортирования.

### ***1.3.2. Ресурсосберегающие показатели качества***

Ресурсосберегающие показатели качества продукции характеризуют уровень ресурсов, затрачиваемых на ее создание и эксплуатацию. К числу ресурсосберегающих относят группы показателей [6]:

- показатели технологичности;
- показатели стандартизации и унификации;
- показатели транспортабельности;
- показатели экономичности.

**Показатели технологичности** характеризуют свойства изделий, обуславливающие оптимальное распределение затрат материалов, труда и времени при подготовке производства, изготовлении, а также при эксплуатации и утилизации. Поэтому различают производственную и эксплуатационную технологичность.

**Производственной технологичностью** называется степень соответствия конструкции изделия оптимальным производственно-технологическим условиям при заданном объеме выпуска.

Единичными показателями **эксплуатационной технологичности**

являются:

- штучная трудоемкость работ  $t_{шт.}$ ;
- удельная трудоемкость профилактического обслуживания функционирующего изделия  $t_{уд.об.}$ ;
- удельная трудоемкость ремонтов  $t_{уд.р.}$ ;
- удельная суммарная трудоемкость эксплуатации изделия  $t_{уд.с.}$ ;
- удельные затраты на эксплуатационное обслуживание  $Z_{уд.обс.}$ ;
- удельные затраты на эксплуатационные ремонты  $Z_{уд.р.}$ ;
- сравнительная трудоемкость работ, выполняемых с помощью изделия  $t_c$ ;
- удельная материалоемкость при эксплуатации  $M_{уд.}$ ;
- удельная себестоимость изделия  $C_{уд.}$ .

Единичными показателями **производственной технологичности** являются:

- суммарная трудоемкость изготовления изделия  $T$ ;
- структурная трудоемкость  $T_{стр.}$ ;
- суммарная материалоемкость  $M$ ;
- удельная материалоемкость изделия  $M_{уд.}$ ;
- относительная материалоемкость  $M_{отн.}$ ;
- коэффициент использования материала  $K_{и.м.}$ ;
- суммарная себестоимость изготовления изделия  $C$ ;
- структурная себестоимость  $C_i$ ;
- относительная себестоимость  $C_{отн.}$ .

**Показатели стандартизации и унификации** характеризуют насыщенность продукции стандартными, унифицированными и оригинальными составными частями (компонентами).

По определению, *стандартизация* — это установление и применение правил с целью упорядочения деятельности в определенной области на пользу и при участии всех заинтересованных сторон, в частности для достижения всеобщей оптимальной экономии при соблюдении условий эксплуатации (использования) и требований безопасности.

По определению, *унификация* — рациональное сокращение числа объектов (размеров, параметров, геометрических элементов, деталей, сборочных единиц, агрегатов, приборов, машин, их систем и т.п.) одинакового назначения, которые следует применять или использовать в

изделии.

В основе унификации изделий лежит их конструктивное подобие и общность эксплуатационных требований.

*Унификация конструктивная* — это приведение конструктивных решений машин, приборов, бытовой техники и т.д., а также их частей, узлов и деталей, выполняющих особые конструктивные функции, к технически обоснованному минимуму типов.

Унификации подвержены параметрические и типоразмерные ряды машин, их типы, составные части (узлы и сборочные единицы) и детали. Различают четыре вида унификации.

— *внутриразмерная унификация* всех модификаций определенного типа изделий, имеющих базовую модель или между собой внутри одного типоразмера. Так, например, отечественные токарно-винторезные станки с максимальным диаметром обрабатываемых заготовок 320 мм унифицированы с аналогичными токарными двухсуппортными, операционными и др. станками. Степень унификации таких станков достигает 85—95%. Степень унификации автомобилей Минского автомобильного завода более 80%, а двигателей Ярославского моторного завода — от 80 до 95%. Средняя степень унификации ранее выпускавшихся автомобилей ЗИЛ была примерно 80%.

— *межразмерная унификация* базовых моделей или их разновидностей — это унификация размеров параметрического ряда внутри одного типа изделий. Например, есть унифицированные части в токарно-винторезных станках с диаметрами обрабатываемых заготовок 320 и 400 мм. Степень их взаимной унификации может составлять до 35%. Для планирования и оптимизации уровня унификации устанавливают коэффициент межпроектной (межвидовой) унификации.

— *межтиповая унификация* изделий относится к различным параметрическим рядам различных типов однородных изделий. Унифицируют, например, в один межтиповой ряд некоторые узлы и детали продольно-фрезерных, продольно-строгальных и продольно-шлифовальных станков (800, 1000, 1250 и 1600 мм). Это позволяет унифицировать до 45% деталей указанных станков.

— *межзаводская* (отраслевая — для ряда родственных заводов отрасли) и *заводская* (на одном заводе) унификации могут охватывать

номенклатуру изделий, их составные части и детали, которые производят и применяют в пределах отрасли или завода.

Унификация и стандартизация, например, кузнечно-прессового оборудования и его составных частей позволили снизить затраты на проектно-конструкторские работы на 30%, организовать специализированное производство унифицированных узлов, повысить их качество и снизить трудоемкость изготовления оборудования на 16—40%.

К *стандартным составным частям изделия* (группы изделий) относят детали, сборочные единицы, комплекты и технические комплексы, изготавливаемые по условиям государственных стандартов, а также по стандартам предприятий-изготовителей.

*Унифицированными* составными частями изделия являются изготавливаемые в соответствии со стандартами и используемые в двух и более различных изделиях. К *оригинальным* относятся составные части, разработанные на основе неиспользованных ранее принципов и правил стандартов и изготовленные только для данного изделия или для группы (партии, серии) идентичных изделий.

К показателям унификации относятся:

- коэффициент унификации;
- коэффициент применяемости;
- коэффициент повторяемости;
- коэффициент межпроектной взаимной унификации.

Насыщенность изделия унифицированными частями оценивается таким показателем, как *коэффициент унификации*, выраженный в процентах:

$$K_y = \frac{N - N_0}{N} \cdot 100 \quad (21)$$

или

$$K_y = \frac{N_y}{N} \cdot 100, \quad (22)$$

где  $N$  — общее число деталей и узлов (сборочных единиц) в изделии, шт.;

$N_0$  — число неунифицированных (оригинальных) деталей и узлов в изделии, шт.;

$N_y$  — число унифицированных деталей и узлов в изделии, шт.

**Коэффициент унификации группы изделий** в денежном выражении можно рассчитать по формуле:

$$K_{y.z.} = \frac{\sum_{i=1}^m K_{y_i} \cdot D_i \cdot C_i}{\sum_{i=1}^m D_i \cdot C_i}, \quad (23)$$

где  $m$  — количество изделий в группе;

$K_{y_i}$  — коэффициент унификации  $i$ -го изделия;

$D_i$  — годовая программа выпуска  $i$ -го изделия;

$C_i$  — оптовая цена  $i$ -го изделия.

При отсутствии данных о цене каждого изделия группы коэффициент  $K_{y.z.}$  вычисляют по упрощенным формулам:

$$K_{y.z.} = \frac{\sum_{i=1}^m K_{y_i} \cdot D_i}{\sum_{i=1}^m D_i}, \quad (24)$$

или

$$K_{y.z.} = \frac{\sum_{i=1}^m K_{y_i}}{m}, \quad (25)$$

При определении показателей унификации учитывают основные детали и узлы (части) изделия. Вспомогательные детали и сборочные единицы в подсчетах унификации не учитывают. К вспомогательным частям изделия относят, например, крепежные детали, пробки и заглушки, муфты, гайки, шайбы, шпонки, электромонтажные детали, лампочки, детали тары и упаковки, инструмент и принадлежности и т.п.

**Коэффициент применяемости** частей изделия по их типоразмерам определяют в процентах по следующей формуле:

$$K_{np} = [(n - n_0) / n] \cdot 100 = (n_y / n) \cdot 100, \quad (26)$$

где  $n$  — общее количество типоразмеров составных частей (с учетом



унифицированных и оригинальных);

$n_0$  — количество типоразмеров оригинальных составных частей;

$n_y$  — количество типоразмеров унифицированных составных частей.

При определении величины  $K_{np}$  *покупные составные части изделия*, т.е. комплектующие изделия, учитывают как одну деталь, независимо от числа входящих в эту «деталь» составных частей. К *оригинальным* относят те составные части, которые разработаны впервые для данного изделия. Чем меньше в изделии оригинальных деталей, тем выше коэффициент  $K_{np}$  и тем выше уровень унификации.

Так, например, если в автомобиле  $n = 3473$  ед.,  $n_0 = 196$  ед., то

$$K_{np} = \frac{3473 - 196}{3473} \cdot 100 = 94,3\%$$

**Коэффициент повторяемости**  $K_n$  представляет собой отношение повторяющихся составных частей изделия к общему количеству его составных частей, выраженное в процентах, и рассчитывается по формуле:

$$K_n = \left[ \frac{N - n}{N - 1} \right] \cdot 100, \quad (27)$$

где  $N$  — общее количество составных частей в изделии;

$n$  — общее количество типоразмеров составных частей изделия.

При подсчете  $K_n$  не учитывают стандартные крепежные и электромонтажные детали, детали тары, упаковки и укладки.

**Коэффициент межпроектной взаимной унификации**  $K_{му}$  для группы изделий представляет собой отношение количества сокращенных за счет взаимной унификации типоразмеров составных частей к максимально возможному сокращению количества наименований типоразмеров составных частей группы изделий.

Этот коэффициент выражается в процентах и рассчитывается по формуле:

$$K_{му} = \left[ \frac{\left( \sum_{i=1}^H n_i - Q \right)}{\left( \sum_{i=1}^H n_i - m \right)} \right] \cdot 100, \quad (28)$$

где  $H$  — общее количество изделий;

$n_i$  — количество типоразмеров составных частей в  $i$ -ом изделии;

$Q = \sum_{j=1}^H g_j$  — общее количество неповторяющихся типоразмеров составных частей, применяемых в группе  $H$ -изделий;

составных частей, применяемых в группе  $H$ -изделий;

$g_j$  — количество типоразмеров составных частей одного наименования в  $j$ -й составной части;

$m$  — общее количество наименований неповторяющихся составных частей изделий.

**Показатели транспортабельности** характеризуют приспособленность продукции к перемещениям, не сопровождающимся ее использованием и потреблением. В группу показателей транспортабельности входят характеристики подготовительных и заключительных операций, связанных с транспортированием изделия к месту назначения.

К подготовительным операциям относятся, например, упаковка, погрузка изделия на транспортное средство, крепление и т.п. К заключительным операциям относятся снятие креплений; разгрузка, распаковывание и т.п.

Показатели транспортабельности выбирают с учетом конкретного вида транспорта.

Основными показателями транспортабельности являются следующие два показателя:

- коэффициент, характеризующий долю транспортируемых изделий, которые сохраняют в заданных пределах первоначальные свойства;
- коэффициент максимально возможного использования емкости (или грузоподъемности) транспортного средства или тары.

**Коэффициент, характеризующий долю транспортируемых изделий, которые сохраняют в заданных пределах первоначальные свойства** определяют по формуле:

$$K_{\partial} = \frac{Q_e}{Q_n} 100, \quad (29)$$

где  $Q_e$  — масса (вес) или количество в штуках или иных единицах измерения продукции, выгруженной из транспортного средства и сохранившей значения показателей качества в допустимых пределах;

$Q_n$  — масса изделий, количество в штуках или иных единицах изме-

рения, погруженных в транспортное средство для транспортирования.

**Коэффициент максимально возможного использования емкости (или грузоподъемности) транспортного средства или тары** определяют по формуле:

$$K_v = \frac{N_e}{u(1-Y)}, \quad (30)$$

где  $N_e$  – максимально возможное использование емкости транспортного средства или тары, выраженное в единицах продукции;

$V$  – объем единицы продукции;

$u$  – емкость транспортного средства или тары;

$Y$  – коэффициент нормативных потерь емкости транспортного средства.

К числу относительных показателей транспортабельности относятся:

– средняя трудоемкость подготовки единицы продукции к транспортированию (включая упаковку, погрузку и крепление);

– средняя стоимость подготовки продукции к транспортированию;

– средняя стоимость перевозки продукции одного изделия на расстояние 1 км пути определенным видом транспорта;

– средняя продолжительность разгрузки продукции и т.д.

**Показатели экономичности (экономного расходования ресурсов)** характеризуют свойства продукции, определяющие экономическую рациональность конструкции, т.е. приспособленность ее к эффективно-му использованию ресурсов при функционировании по назначению.

Показатели экономного расходования сырья и материалов, топлива, энергии и трудовых ресурсов характеризуют те свойства изделия, которые отражают его техническое совершенство по количеству потребляемых в процессе производства ресурсов. Группа показателей экономного расходования ресурсов включает две подгруппы показателей:

экономичности энергопотребления;

экономичности потребления изделием материальных и трудовых ресурсов.

К показателям экономичности потребления относятся:

трудоемкость;

материалоемкость;  
 коэффициент полезного действия;  
 удельный расход электроэнергии;  
 расход топлива при заданном режиме эксплуатации изделия.

удельный расход какого либо из видов ресурсов (сырья, материалов, электроэнергии, тепла, топлива, природного газа, сжатого воздуха) на единицу полезного эффекта.

*Трудоемкость* характеризуют количество труда в человеко-часах, затрачиваемое на технологический процесс изготовления продукции или выполнения работ.

Различают следующие виды трудоемкости: штучная; суммарная; структурная; удельная; сравнительная; относительная.

**Штучная трудоемкость** – это трудоемкость единицы производимой продукции или работ. Штучная трудоемкость состоит из основного (технологического) времени на производство продукции, вспомогательного времени и времени технологического обслуживания:

$$t_{\text{шт}} = t_0 + t_{\text{в}} + t_{\text{т.о}}, \quad (31)$$

где  $t_0$  – основное время производства работ;

$t_{\text{в}}$  – вспомогательное время;

$t_{\text{т.о}}$  – время технологического обслуживания.

Основное технологическое время выполнения операции или изготовления единицы продукции определяется выражением:

$$t_0 = \frac{F}{N}, \quad (32)$$

где  $F$  – заданное время работы изделия;

$N$  – число изготовленной продукции в штуках, метрах, тоннах и т.п. или число выполненных технологических операции технологического процесса за тот же период времени.

**Суммарная трудоемкость** изготовления изделия, а также суммарная трудоемкость производства продукции или услуг, выполняемых с помощью данного изделия, определяют по формуле:

$$T = \sum_{i=1}^k t_i, \quad (33)$$

где  $t$  – трудоемкость отдельных видов работ, входящих в технологиче-

ский процесс изготовления изделия, например, трудоемкость токарной обработки, трудоемкость шлифования и т.д.

$k$  – количество видов работ.

**Структурная трудоемкость** – трудоемкость по рабочим местам, участкам, цехам.

**Удельная трудоемкость** – трудоемкость, приходящаяся на единицу главного параметра  $B$ :

$$T_{уд.} = \frac{T}{B}, \quad (34)$$

где  $T$  – трудоемкость вида работ;

$B$  – показатель определяющего (главного) параметра.

Например, удельная трудоемкость ремонтов изделия определяется следующим образом:

$$t_{уд.р.} = \frac{t_p}{B}, \quad (35)$$

где  $t_p$  – трудоемкость эксплуатационных ремонтов.

**Относительная трудоемкость** характеризует долю трудозатрат по отдельным видам работ в суммарной трудоемкости и определяется по формуле:

$$T_{отн} = \frac{t_i}{T}, \quad (36)$$

где  $t_i$  – трудоемкость  $i$ -го вида работ, например, трудоемкость сборочно-монтажных работ, трудоемкость настроечно-регулирующих работ и т.п.

**Сравнительная трудоемкость** характеризует уровень трудозатрат и определяется по формуле:

$$Y_{mp} = \frac{T}{T_{баз}}, \quad (37)$$

где  $T_{баз}$  – базовая трудоемкость, принятая для сравнения при оценке уровня технологичности по трудоемкости изготовления изделия.

**Показатели материалоемкости** характеризуют количество материала, затраченного на изготовление изделия.

Различают суммарную, структурную, удельную, сравнительную и относительную материалоемкость.

**Суммарная материалоемкость** определяется по формуле:

$$M = \sum_{i=1}^n m_i , \quad (38)$$

где  $m_i$  – материалоемкость  $i$ -ой составной части изделия;

$n$  – количество составных частей изделия.

**Структурная материалоемкость** изделия выражает количество отдельных видов (классов, марок, сортов) материалов и является структурным элементом суммарной материалоемкости.

**Удельная материалоемкость** изделия определяется по формуле:

$$M_{уд} = \frac{M}{B} , \quad (39)$$

где  $M$  — чистая масса изделия.

**Сравнительная материалоемкость** определяется по формуле:

$$M_{.м} = \frac{M}{M_{баз}} , \quad (40)$$

где  $M_{баз}$  – базовое значение материалоемкости, принятое для сравнительной оценки.

**Относительная материалоемкость** определяется как отношение массы данного материала к суммарной материалоемкости изделия:

$$M_{отн} = \frac{m_i}{M} , \quad (41)$$

где  $m_i$  – масса данного материала;

$M$  – суммарная материалоемкость изделия.

Материалоемкость также характеризуют такие показатели, как коэффициент применяемости материала и коэффициент использования материала.

**Коэффициент применяемости материала** выражает долю применения в данном изделии определенных, наиболее прогрессивных, видов, классов, марок и сортов материала.

**Коэффициент использования материала** характеризует эффективность использования материальных ресурсов при производстве изделия и определяется как отношение количества (массы) материала в готовой продукции к количеству (массе) вводимого в технологический

процесс материала:

$$K_{u.m.} = \frac{M}{M_b}, \quad (42)$$

где  $M_b$  – количество (масса, определяемая по весу) материала в готовом изделии;

$M$  – количество (масса) материала, введенного в технологический процесс.

**Коэффициент полезного действия** – это отношение полезной работы ко всей энергии, полученной системой (машиной).

Коэффициент полезного действия определяется как:

$$\eta = \frac{A_n}{A} = \frac{A - A_e}{A} = 1 - \frac{A_e}{A}, \quad (43)$$

где  $A_n$  – полезная работа;

$A$  – энергия, полученная системой (машиной);

$A_e$  – теряемая энергия или мощность от действия сил сопротивления.

Для реальной машины коэффициент полезного действия всегда меньше единицы.

**Удельный расход электроэнергии** определяют как отношение абсолютных значений энергозатрат на величину главного параметра или полезного эффекта от эксплуатации данного изделия. В качестве главного параметра может быть принята номинальная мощность, производительность, надежность или другие характеристики.

Удельный расход электроэнергии для технических изделий определяется выражением:

$$\mathcal{E}_y = \frac{W \cdot Q \cdot K_{u.d.} \cdot K_e}{P_9}, \quad (44)$$

где  $W$  – номинальная мощность двигателя;

$Q$  – расход энергии (удельный) на единицу мощности двигателя;

$K_{u.d.}$  – коэффициент использования двигателей;

$K_e$  – коэффициент пересчета единиц времени;

$P_9$  – эксплуатационная производительность.

Выбор главного параметра является важным этапом при оценке качества продукции. Очень часто вместо главного параметра исполь-

зуют величину полезного эффекта. Например, для электрических машин таким эффектом является величина потребляемой энергии за определенный промежуток времени. Для грузовых автомобилей полезным эффектом является его пробег в тоннокилометрах за срок службы до капитального ремонта.

### *1.3.3. Показатели безопасности*

Показатели безопасности характеризуют воздействие продукции на человека и окружающую его среду в процессах производства и эксплуатации.

**Показатели безопасности для человека** характеризуют свойства продукции, гарантирующие безопасность обслуживающего персонала (потребителя) на всех режимах ее эксплуатации, при обслуживании, транспортировании и хранении, а также утилизации. Показатели безопасности группируют по видам опасностей (однородности опасных воздействий на человека) в соответствии с рекомендациями [9], требованиями технических регламентов и стандартов ССБТ. Например, в подгруппу показателей электробезопасности бытовых электроприборов ходят такие показатели, как сопротивление изоляции, электрическая прочность изоляции, токи утечки, воздушные зазоры и расстояния по изоляции.

Показатели безопасности характеризуют свойства продукции, обуславливающие безопасность человека при потреблении или использовании продукции.

В общем случае состояние безопасности любых объектов, а также технологических и производственных процессов можно определять с помощью следующих показателей:

- вероятность безопасной работы человека в течение определенного промежутка времени;
- коэффициент безопасности;
- время срабатывания сигнализации или защитных устройств;
- сопротивление изоляции или электрическая прочность токоведущих цепей и т.п.

В частности, опасности для человека, возникающие при изготовлении и использовании продукции зависят от вида опасных воздействий,



способа воздействия на человека и источника возникновения опасности.

*К видам опасностей относят* механическую, электрическую, термическую, химическую, биологическую опасности, пожаро- и взрывоопасности, и опасность излучений.

*По способу воздействия* различают прямые и опосредованные опасности, *по источнику возникновения*: внутренние и внешние опасности.

*К прямым относятся опасности*, оказывающие непосредственное физиологическое воздействие на человека, *к опосредованным* - опасности, возникающие через искусственно созданное замкнутое пространство внешней среды, в котором реализуется процесс производства и потребления продукции.

*К внутренним* опасностям относятся опасности, потенциально заложенные в самой продукции, т.е. обусловленные ее составом, структурой и исходными материалами, *к внешним* - опасности, возникающие в результате проявления новых свойств под воздействием различных внешних факторов.

В зависимости от вида опасностей различают следующие подгруппы показателей безопасности:

- механическая опасность;
- электрическая нестабильность;
- термическая неустойчивость;
- склонность к возникновению пожара;
- склонность к возникновению взрыва;
- химическая опасность;
- биологическая активность;
- радиационная активность.

*Механическая опасность* подразделяется на механическую нестабильность и склонность к механическим колебаниям.

*К механической нестабильности* относятся следующие единичные показатели:

- изнашиваемость;
- деформируемость;
- коррозионная неустойчивость;
- способность загрязнять рабочую зону пылью и

механическими отходами.

*Склонности к механическим колебаниям* подразделяется на шумность и виброактивность.

*Электрическая нестабильность* включает следующие единичные показатели:

- электрическая агрессивность;
- электропроницаемость;
- способность поражения электрическим током.

*Термическая неустойчивость* включает следующие единичные показатели:

- перегреваемость;
- переохлаждаемость;
- термоэлектрическая возбудимость;
- термохимическая агрессивность.

*Склонность к возникновению пожара* включает следующие единичные показатели:

- способность самовозгорания;
- способность возгорания от внешнего источника (теплового, электрического, механического и др.)

*Склонность к возникновению взрыва* включает следующие единичные показатели:

- склонность к взрыву от внутреннего источника определенного вида;
- склонность к взрыву от внешнего источника определенного вида.

*Химическая активность* включает следующие единичные показатели:

- химическая активность;
- разлагаемость органических материалов;
- разлагаемость специальных сред.

*Биологическая активность* включает следующие единичные показатели:

- биоразлагаемость;
- биоагрессивность.

*Радиационная активность* включает следующие единичные показатели:

- излучаемость радиоактивных веществ;

возбудимость электромагнитного поля.

Перечень перечисленных показателей безопасности является примерным, и он может быть уточнен в зависимости от вида продукции и ее специфических особенностей, а также от условий производства и использования.

В некоторых случаях для технических изделий определяют уровень безопасности по коэффициенту безопасности.

**Коэффициент безопасности** определяется отношением количества показателей (требований) безопасности, соответствующих нормативно-технической документации по безопасности труда оцениваемой продукции, к общему количеству номенклатуры показателей безопасности относящихся к данному виду продукции:

$$K_{\bar{o}} = \frac{N_{\bar{o}}}{N_0} \quad (45)$$

где  $N_{\bar{o}}$  – количество показателей (требований) безопасности в соответствии с нормативно-технической документацией на данную продукцию;

$N_0$  – общее количество номенклатуры показателей на данный вид продукции.

Если коэффициент безопасности меньше единицы, то необходимо проводить мероприятия по его улучшению.

**Уровень безопасности** изделия определяется как отношение коэффициентов безопасности оцениваемого и базового образцов:

$$Y_{\bar{o}} = \frac{K_{\bar{o}.оц}}{K_{\bar{o}.баз}}, \quad (46)$$

В качестве базового образца принимается реальный образец, утвержденный в качестве эталона.

Применяемость показателей безопасности в зависимости от вида продукции (сырье, материалы, продукты) определяется действующими международными и отечественными стандартами и рекомендациями. Так, например, к показателям безопасности пищевых продуктов относятся содержание: тяжелых металлов (цинк, кадмий, свинец и т.п.); радионуклидов (цезий, стронций и т.д.); пестицидов; микотоксинов и т.д.

**Экологические показатели** характеризует уровень вредных воз-

действий продукции на окружающую среду в процессах ее транспортировки, хранения, эксплуатации (потребления), обслуживания и утилизации.

К этой группе показателей относятся:

- содержание вредных веществ в составе продукции и ее отходах;
- вероятность выброса вредных частиц, газов, излучений при производстве, хранении, транспортировании, потреблении и утилизации продукции.

Например, к *экологическим показателям* относят:

- токсичность выделяющихся веществ, способность выделяющихся веществ, влиять на органолептические свойства элементов окружающей среды, стабильность выделений вредных веществ;
- способность создавать электромагнитное поле диапазона радиочастот, радиационная активность, способность загрязнять окружающую среду пылью;
- способность препаратов микробиологического синтеза выделять биологически активные микроорганизмы и продукты их жизнедеятельности.

Номенклатура экологических показателей зависит от вида продукции и ее особенностей, поэтому невозможно установить единую номенклатуру экологических показателей для всех без исключения видов продукции.

При определении экологических показателей качества новой продукции находят относительные показатели, то есть отношения фактических значений экологических показателей, например, концентрации вредных веществ или уровней вредных воздействий на природную среду к их предельно допустимым значениям. При этом должны соблюдаться следующие условия:

$$\frac{C_1}{ПДК_1} + \frac{C_2}{ПДК_2} + \dots + \frac{C_n}{ПДК_n} \leq 1 \quad (47)$$

или

$$\frac{B_1}{ПДУ_1} + \frac{B_2}{ПДУ_2} + \dots + \frac{B_n}{ПДУ_n} \leq 1 \quad (48)$$

где  $C_1, C_2, \dots, C_n$  – концентрации вредных веществ;

$ПДК_1, ПДК_2, \dots, ПДК_n$  – предельно допустимые концентрации соответствующих вредных веществ;

$B_1, B_2, \dots, B_n$  – фактические уровни вредных воздействий;

$ПДУ_1, ПДУ_2, \dots, ПДУ_n$  – предельно допустимые уровни вредных воздействий на природную среду.

Предельно допустимые концентрации вредных веществ и предельно допустимые уровни вредных воздействий на окружающую среду регламентируются системой государственных стандартов в области охраны природы и экономного использования природных ресурсов (группа стандартов Т58) и другими нормативными документами и санитарно-гигиеническими (САНПИН).

Особую группу составляют экономические показатели качества, исключительная ценность которых состоит в их универсальности, т.е. применимости к любому виду продукции (услуг), а также в том, что они определяют (раскрывают) связь качества продукции (услуги), себестоимости (цены производства) и цены (рыночной цены). Качество продукции (услуги), ее потребительские свойства во многом определяют как цену производства (и себестоимость), так и рыночную цену (цену). Повышение качества продукции (услуги) требует дополнительных затрат (издержек производства), что приводит к росту себестоимости (цены производства). Повышенный спрос на продукцию (услуги) высокого качества приводит к росту цен (рыночных цен).

**Патентно-правовые показатели** — это в первую очередь показатели патентной защиты и патентной чистоты. Для расчета значений патентно-правовых показателей в зависимости от сложности изделия все его составные части делятся на группы с учетом их значимости (весомости).

Используют два показателя патентной защиты изделия: патентная защита в стране и за рубежом.

Показатель *патентной защиты изделия внутри страны* рассчитывается так:

$$P'_{п.з.} = \frac{\sum_{i=1}^S g_i N_i}{N}, \quad (49)$$

где  $S$  — количество групп значимости;

$g_i$  — коэффициент весомости составных частей изделия, защищенных патентами или авторскими свидетельствами страны;

$N_i$  — количество составных частей изделия, защищенных патентами или/и авторскими свидетельствами страны;

$N$  — общее количество составных частей изделия.

Показатель **патентной защиты** отечественного изделия патентами **за рубежом** определяется по формуле:

$$P''_{п.з.} = \frac{\delta \left( \sum_{i=1}^S g'_i N'_i \right)}{N}, \quad (50)$$

где  $\delta$  — коэффициент, зависящий от количества стран, в которых получены патенты для экспорта изделия;

$g'_i$  — коэффициент весомости составных частей, защищенных зарубежными патентами;

$N'_i$  — количество составных частей изделия, защищенных патентами за рубежом.

Общий показатель патентной защиты изделия  $P_{п.з.}$  представляет собой сумму

$$P_{п.з.} = P'_{п.з.} + P''_{п.з.} \quad (51)$$

С учетом разделения составных частей изделия на особо важные, основные и вспомогательные **показатель патентной защиты**  $P_{п.з.}$  определяют по формуле:

$$P_{п.з.} = \frac{\sum_{j=1}^n g_j + \sum_{i=0}^S g_i N_i}{N_{io}}, \quad (52)$$

где  $g_j$  — индивидуальный коэффициент весомости особо важных составных частей;

$n$  — количество особо важных составных частей в изделии;

$g_i$  — коэффициент весомости частей, защищенных патентами России или в странах предполагаемого экспорта;

$N_i$  — количество составных частей основной и вспомогательной

групп, защищенных патентами;

$N_{io}$  — общее количество учитываемых составных частей изделия в основной и (или) вспомогательной группе;

$S$  — число групп значимости.

Показатель *патентной чистоты*  $P_{п.ч.}$  выражает правовую возможность реализации изделия как внутри страны, так и за рубежом. Показатель  $P_{п.ч.}$  рассчитывают по следующей формуле:

$$P_{п.ч.} = \frac{N - \sum_{i=1}^S g_i N_i}{N}, \quad (53)$$

где  $N$  — количество составных частей изделия (по группам значимости), попадающих под действие патентов данной страны.

Более точно показатель патентной чистоты  $P_{п.ч.}$  определяют по следующей формуле:

$$P_{п.ч.} = \sum_{j=1}^n g_j + \sum_{i=1}^S g_i [N_{io} - N_{i.п.ч.}] / N_{io}, \quad (54)$$

где  $g_j$  — коэффициент весомости особо важных составных частей изделия;

$g_i$  — коэффициент весомости для частей основной и (или) вспомогательной групп;

$n$  — количество особо важных составных частей, обладающих патентной чистотой;

$N_{io}$  — общее количество учитываемых составных частей изделий в  $i$ -й группе;

$N_{i.п.ч.}$  — количество составных частей изделия в группе, подпадающих под действие патентов, выданных в стране предполагаемой реализации;

$S$  — число групп значимости.

Часто требуется определить численное значение *территориального показателя патентной чистоты*  $P_{т.п.ч.}$ . Его находят как отношение разности числа возможных стран для экспорта и числа стран, в которых данное изделие не обладает патентной чистотой, к количеству стран, первоначально намеченных к экспорту в них оцениваемого изделия.

Показатель патентной чистоты для патентно чистого изделия в отношении страны экспорта равняется единице. Изделие, не обладающее патентной чистотой внутри страны и в отношении зарубежных стран, не может быть признано изделием высокого технического уровня. Изделие, в котором есть составные части, защищенные патентами, обладает новизной и прогрессивностью конструкции или/и используемых материалов.

Отметим, что деление показателей качества на группы, приведенное на рисунке 2, достаточно условно. Так, например, класс точности средств измерений может быть отнесен и к классификационным показателям, и к показателям технического эффекта.

#### **1.4. Классификация показателей качества продукции по этапам выявления характеризующих свойств**

По этапам выявления характеризующих свойств показатели качества делятся на:

- прогнозные показатели;
- проектные показатели,
- производственные показатели,
- эксплуатационные показатели.

**Прогнозные показатели** характеризуют свойства продукции, прогнозируемые на стадиях научных исследований или разработки проекта методами инженерного прогнозирования.

Например, скорость, грузоподъемность машины, материалоемкость, к.п.д. и др.

**Проектные показатели** характеризуют свойства продукции, предусмотренные в конструкторской документации для изготовления опытного образца, партии изделий.

Например, коэффициент унификации, стандартизации и др.

**Производственные показатели** характеризуют свойства продукции, выявляемые в процессе производства.

Например, технологическая себестоимость, трудоемкость изделия и др.

**Эксплуатационные показатели** характеризуют свойства изделия, выявленные в процессе эксплуатации, включая транспортирование,



подготовку к эксплуатации, техническое обслуживание и ремонт.

### **1.5. Классификация показателей качества по форме представления характеризующих свойств**

По форме представления характеризующих свойств показатели качества делятся на:

- абсолютные показатели;
- удельные показатели;
- относительные показатели.

**Абсолютные показатели** характеризуют свойства продукции непосредственно с помощью соответствующих размерных величин.

Например, скорость, км; масса изделия, кг; мощность электродвигателя, кВт.

**Удельные показатели** характеризуют взаимосвязь и взаимозависимость, как правило, двух разнородных величин и выражаются отношением величин различной размерности (удельный расход топлива, л/(км/ч); удельная трудоемкость и т.п.).

**Относительный показатель** – отношение показателя качества оцениваемого объекта к базовому показателю качества, выраженное в относительных единицах.

Как и при измерении, при любом виде оценивания нужен эталон сравнения (при измерении длины мы обычно используем метр, при измерении веса – килограмм и т.д.). Для этой же цели в квалиметрии используют *базовый показатель качества* – показатель качества объекта, принятый за эталон при сравнительных оценках качества.

Базовые показатели могут быть как единичные, так и комплексными.

### **1.6. Классификация показателей качества продукции по числу характеризующих свойств**

Классификация показателей качества по числу характеризующих свойств приведена на рисунке 3.

**Единичные показатели** характеризуют одно из простых или сложных свойств продукции.

Например, двигатель внутреннего сгорания характеризуется сле-

дующими единичными показателями: мощностью (л.с.), частотой вращения (об/мин.), удельным расходом топлива (г/л.с.), моторесурсом (часы), к.п.д. и др.



Рис. 3. Классификация показателей качества по числу характеризующих свойств

**Комплексный показатель** характеризует совместно несколько простых свойств или одно сложное свойство продукции (включающее нескольких простых). Примером комплексного показателя качества может служить коэффициент готовности изделия  $K_g$ , характеризующий два свойства надежности – безотказность и ремонтпригодность:

$$K_g = T / (T + T_v), \quad (55)$$

где  $T$  – наработка изделия на отказ (показатель безотказности);

$T_v$  – среднее время восстановления (показатель ремонтпригодности);

$$T_v = T_o + T_y, \quad (56)$$

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

$T_y$  – среднее время, необходимое для устранения отказа.

Приведенный пример показывает условность деления показателей качества на единичные и комплексные из-за условности деления свойств продукции на простые и сложные. Показатель  $T_v$  относительно  $K_g$  является единичным, а относительно  $T_o$  и  $T_y$  комплексным. Тем не менее, идея количественной оценки качества продукции одним числом (значением комплексного показателя) необычайно привлекательна!

Разновидностями комплексных показателей являются групповые,

интегральные и определяющие (обобщенные) показатели.

**Групповые комплексные показатели качества** характеризуют определенную группу свойств (например, показатели относящиеся к надежности продукции).

Комплексный показатель качества  $K_2$  – это вероятность того, что изделие в любой момент времени будет работоспособно (применяется для оценки качества рейсовых автобусов, такси и т.д.). Этот пример одного из видов комплексных показателей качества – так называемого **группового комплексного показателя качества**.

Разновидностью комплексного показателя качества также является **интегральный показатель**. Он характеризует эффективность или экономичность технического устройства и рассчитывается как отношение суммарного полезного эффекта от эксплуатации продукции к суммарным затратам на ее создание и эксплуатацию по формуле

$$I = \mathcal{E} / (3c + 3\mathcal{E}), \quad (57)$$

где  $\mathcal{E}$  – суммарный полезный эффект от эксплуатации или потребления продукции (например, пробег грузового автомобиля в тоннокилометрах за срок службы до капитального ремонта);

$3c$  – суммарные затраты на создание продукции;

$3\mathcal{E}$  – суммарные затраты на эксплуатацию продукции.

Если срок службы продукции превышает 1 год,  $3c$  должны быть приведены (пересчитаны) к последнему году срока службы продукции.

Формально с помощью интегрального показателя качества, если выразить полезный эффект в единицах затрат, можно сравнивать по качеству разнородную продукцию, удовлетворяющую различные потребности. Однако подсчитать полезный эффект часто достаточно сложно (например, если он заключается в улучшении условий труда или в повышении эмоционального воздействия продукции на потребителя).

В реальной практике при таких оценках приходится учитывать значительное количество показателей, многие из которых могут быть противоречивыми и сложными для оценки. В таких случаях используют обобщенные показатели качества, позволяющие сделать комплексную оценку реальной.

Определяющий (обобщенный) показатель качества характеризует такую совокупность свойств оцениваемого объекта, на основе которого

принято решение оценивать качество.

### 1.7. Примеры расчета показателей качества

**Задача 1.** При испытаниях электрических ламп в начале промежутка времени работало 1000 ламп. По истечении времени  $t = 240$  часов отказало 50 ламп. Определить вероятность безотказной работы ламп.

**Решение.**

1. Количество исправных ламп в конце промежутка времени равно:

$$N(t) = 1000 - 50 = 950 \text{ (ламп)}$$

2. Вероятность безотказной работы электрических ламп, определим по формуле (4):

$$P(t) = \frac{N(t)}{N_0} = \frac{950}{1000} = 0,95$$

**Ответ:** вероятность безотказной работы электрических ламп равна 95%.

**Задача 2.** После некоторого промежутка времени работы изделий исправными были 1000 изделий и за время  $\Delta t = 100$  часов вышли из строя 65 изделий. Определить интенсивность отказов изделий.

**Решение.**

Интенсивность отказов определим по формуле (5):

$$\lambda = \frac{\Delta n}{N(t)\Delta t} = \frac{65}{1000 \cdot 100} = 6,5 \cdot 10^{-4} \text{ час}^{-1}$$

**Ответ:** вероятность отказа изделий каждый час составляет 0,065%.

**Задача 3.** Необходимо определить среднюю наработку до первого отказа для партии из 4 изделий, если известно, что время работы 1-го изделия до первого отказа составляет 20 часов; 2-го изделия – 25 часов; 3-го изделия – 30 часов и 4-го изделия – 35 часов.

**Решение.**

Среднюю наработку до первого отказа партии изделий определим по формуле (6):

$$T_{cp} = \frac{\sum_{i=1}^n T_i}{n} = \frac{20 + 25 + 30 + 35}{4} = 27,5 \text{ час.}$$

**Ответ:** средняя наработка до первого отказа партии изделий равна 27,5 часа.

**Задача 4.** Необходимо определить параметр потока отказов, для 4-х изделий, если за 200 часов первое изделие отказало 2 раза, второе изделие – 3 раза, третье изделие – 1 раз, четвертое изделие – 4 раза.

**Решение.**

Параметр потока отказов определим по формуле (7):

$$\Omega = \frac{\Delta n}{N_0 \Delta t} = \frac{2 + 3 + 1 + 4}{4 \cdot 200} = 0,014 \text{ час}^{-1}$$

**Ответ:** параметр потока отказов для 4-х изделий равен  $0,014 \text{ час}^{-1}$ .

**Задача 5.** Необходимо определить наработку на отказ для двух изделий, если известно, что 1-ое изделие исправно работало первые 100 часов, затем отказало, и было отремонтировано. После этого до второго отказа оно работало 80 часов, до третьего отказа – 85 часов, и до четвертого отказа – 90 часов. Второе изделие проработало до первого отказа – 120 часов, до второго – 100 часов, до третьего – 90 часов.

**Решение.**

Прежде чем определить наработку на отказ для двух изделий необходимо рассчитать среднее значение наработки на отказ для каждого изделия по формуле (9), для первого изделия получаем

$$T_{cp1} = \frac{\sum_{j=1}^m T_{ij}}{m} = \frac{100 + 80 + 85 + 90}{4} = 88,75 \text{ час.}$$

для второго изделия

$$T_{cp2} = \frac{\sum_{j=1}^m T_{ij}}{m} = \frac{120 + 100 + 90}{3} = 103,33 \text{ час.}$$

Наработку на отказ для двух изделий определим по формуле (8):

$$T = \frac{\sum_{i=1}^n T_{cpi}}{n} = \frac{88,75 + 103,33}{2} = 96,04 \text{ час.}$$

**Ответ:** наработка на отказ двух изделий равна 96,04 часа.

**Задача 6.** По сборочному чертежу со спецификацией вала приводного (см. приложение А) необходимо определить коэффициенты унификации, применяемости, повторяемости.

**Решение.** Для проведения расчетов указанных показателей необходимо подсчитать общее количество нормализованных, унифицированных и оригинальных деталей. Данные подсчета представить в виде таблиц 4-6.

Таблица 4

## Общее количество нормализованных деталей

Наименование нормализованных деталей	Количество, шт.
3. Болт М6×16 ГОСТ 7798-70	1
4. Болт М10×60 ГОСТ 7798-70	8
5. Гайка М10.5 ГОСТ 5915-70	8
6. Винт М6×12 ГОСТ Р 50383-92	1
7. Манжета 1.1-50×70-1 ГОСТ 8752-97	3
8. Муфта цепная 500-4—1.1-УЗ ГОСТ 20884-81	1
9. Шайба 6.65Г ГОСТ 6402-70	1
10. Шайба 10.65Г ГОСТ 6402-70	8
11. Штифт 4п6×12 ГОСТ 3128-70	1
12. Шайба 7019-0629 ГОСТ 14734-69	1
13. Шпонка 12×8×70 ГОСТ 23360-78	1
14. Шпонка 18×11×70 ГОСТ 23360-78	1
15. Кольцо А45 ГОСТ 13942-80	1
16. Кольцо А90 ГОСТ 13942-80	1

Таблица 5

## Общее количество оригинальных деталей

Наименование оригинальных деталей	Количество, шт.
1. Барабан	1
2. Вал	1
3. Втулка	2
4. Втулка	1
5. Корпус	2
6. Крышка	1
7. Крышка	3
8. Прокладка	4

## Общее количество унифицированных деталей

Наименование унифицированных деталей	Количество, шт.
1. Подшипник 1209 ГОСТ 5720-75	2

Коэффициент унификации определим по формуле (22). Следует помнить, что при расчете коэффициента унификации не учитываются стандартные вспомогательные детали (см. табл. 4):

$$K_y = \frac{N_y}{N} \cdot 100 = \frac{2}{17} \cdot 100 = 11,76\%$$

Коэффициент применяемости рассчитаем по формуле (26):

$$K_{np} = \frac{n - n_0}{n} \cdot 100 = \frac{9 - 8}{9} \cdot 100 = 11,11\%$$

Коэффициент повторяемости по формуле (27) равен

$$K_n = \frac{N - n}{N - 1} \cdot 100 = \frac{17 - 9}{17 - 1} \cdot 100 = 50\%$$

**Ответ:** коэффициент унификации равен 11,76%; коэффициент применяемости – 11,11%; коэффициент повторяемости – 50%.

**Задача 7.** Необходимо определить показатели патентной защиты, патентной чистоты. Если известно, что в токарно-револьверном станке выделено 30 составных частей, подлежащих учету при определении показателей патентной защиты и патентной чистоты. К ним относятся: кинематическая схема и токарно-револьверная головка (особо важные составные части); револьверная головка, коробка скоростей, коробка передач, система циркуляционной смазки, станина с основанием, редуктор, художественно-конструкторское решение (внешний вид) станка и др. (основные составные части, всего 12); фартук, эксцентриковые валы, подшипники и др. (вспомогательные составные части, всего 16).

Патентной чистотой не обладают внешний вид станка (подпадает под действие патента на промышленный образец одной из фирм в стране предполагаемого экспорта) и система циркуляционной смазки (относится к числу основных составных частей), а также четыре вспомогательные составные части.

Для данного вида изделий установлены в отрасли следующие коэффициенты весомости составных частей по группам:

- кинематическая схема  $g_1 = 0,4$ ;
- токарно-револьверная головка  $g_2 = 0,3$ ;
- основные составные части  $g_3 = 0,2$ ;
- вспомогательные составные части  $g_4 = 0,1$ .

**Решение.**

1. Показатель патентной чистоты для данного станка определим по формуле (54)  $P_{п.ч.}$ :

$$P_{п.ч.} = \sum_{j=1}^n g_j + \frac{\sum_{i=1}^S g_i (N_{io} - N_{iн.п.ч})}{N_{io}} = 0,4 + 0,3 + \frac{0,2(12-2)}{12} + \frac{0,1(16-4)}{16} = 0,95$$

2. С учетом разделения составных частей изделия на особо важные, основные и вспомогательные показатель патентной защиты  $P_{п.з.}$  определяют по формуле (52):

$$P_{п.з.} = \frac{\sum_{j=1}^n g_j + \sum_{i=0}^S g_i N_i}{N_{io}} = \frac{0,4 + 0,3 + (0,2 \cdot 12) + (0,1 \cdot 16)}{12 + 16} = 0,17$$

**Ответ:** показатель патентной чистоты равен 0,95; показатель патентной защиты – 0,17.

**Задача 8.** Токарно-револьверный станок, описанный в задаче 7, могли бы купить в 10 странах. Но в 2 из предполагаемых стран-покупателей станок не обладает патентной чистотой. Необходимо определить территориальный показатель патентной чистоты.

**Решение.**

Территориальный показатель патентной чистоты находят как отношение разности числа возможных стран для экспорта и числа стран, в которых данное изделие не обладает патентной чистотой, к количеству стран, первоначально намеченных к экспорту в них оцениваемого изделия. В нашем случае показатель территориального распространения по патентной чистоте будет равен

$$P_{т.п.ч.} = \frac{10 - 2}{10} = 0,8.$$

**Ответ:** территориальный показатель патентной чистоты равен 0,8.



**Задача 9.** Две буровые установки имеют одинаковые параметры, кроме тех, которые приведены в таблице 7.

Таблица 7

Параметры	Буровая установка 1	Буровая установка 2
Суммарная глубина проходки до капитального ремонта	$H_1 = 100 \times 103$ м	$H_2 = 400 \times 103$ м
Стоимость	30 млн. руб.	160 млн. руб.
Затраты на эксплуатацию	60 млн. руб.	170 млн. руб.

Необходимо выбрать из них экономически более выгодную на основе расчета интегрального показателя качества.

**Решение.**

Найдем интегральные показатели качества в соответствии с формулой (57) для первой ( $I_1$ ) и второй ( $I_2$ ) установок.

Для первой установки

$$I_1 = \frac{H_1}{z_{c1} + z_{\text{э}1}} = \frac{100 \cdot 103}{(30 + 60) \cdot 10^6} = 1,14 \cdot 10^{-4}.$$

Для второй установки соответственно

$$I_2 = \frac{H_2}{z_{c2} + z_{\text{э}2}} = \frac{400 \cdot 103}{(160 + 170) \cdot 10^6} = 1,25 \cdot 10^{-4}.$$

Ответ: Так как  $I_2 > I_1$ , то экономически более выгодно приобрести вторую буровую установку.

### Задачи для самостоятельного решения

**Задача 1.** Необходимо определить вероятность безотказной работы транзисторов, если при их испытании в течение времени  $t$  в конце промежутка времени  $t_0$  исправных изделий оказалось  $N(t)$ , количество изделий подвергшихся испытанию  $N_0$ . Данные для расчета взять из таблицы 8.

**Задача 2.** Необходимо определить интенсивность отказов изделий, если в конце промежутка времени были исправными  $N(t)$  изделий и за время  $\Delta t$  вышли из строя  $\Delta n$  изделий. Данные для расчета, представлены в таблице 9.

Исходные данные для решения задачи 1

Номер варианта	$t$	$N_0$	$N(t)$
1	1000	100	98
2	1000	150	144
3	1000	120	116
4	1000	130	126
5	1000	140	137
6	500	100	97
7	500	90	87
8	500	90	85
9	500	110	106
10	500	120	114
11	500	130	127
12	500	150	149
13	1000	140	136
14	1000	140	135
15	1000	140	134
16	1000	140	47
17	1000	50	45
18	1000	50	72
19	1000	75	73
20	1000	75	74

Таблица 9

Исходные данные для решения задачи 2

Номер варианта	$N(t)$	$\Delta t$	$\Delta n$
1	1000	100	50
2	1000	100	45
3	1005	100	45
4	1010	100	47
5	1002	100	48
6	1000	100	49
7	500	100	50
8	500	100	47

Номер варианта	$N(t)$	$\Delta t$	$\Delta n$
9	500	100	45
10	503	100	47
11	505	100	45
12	504	100	46
13	402	50	48
14	403	50	47
15	404	50	46
16	406	50	44
17	407	50	43
18	605	50	45
19	604	50	46
20	606	50	44
21	607	50	47
22	608	50	42
23	615	50	35
24	701	50	49
25	705	50	48

**Задача 3.** Необходимо определить среднюю наработку до первого отказа для 6 изделий в партии, если известно время работы  $i$ -го изделия до первого отказа, которое представлено в таблице 10.

Таблица 10

Исходные данные для решения задачи 3

Номер варианта	$t_1$	$t_2$	$t_3$	$t_4$	$t_5$	$t_6$
1	20	25	30	35	31	32
2	40	41	54	45	50	49
3	30	31	39	20	37	40
4	10	15	20	19	18	16
5	100	105	75	109	110	99
6	100	110	120	109	115	76
7	85	80	81	70	50	82
8	70	71	72	50	25	70

Номер варианта	$t_1$	$t_2$	$t_3$	$t_4$	$t_5$	$t_6$
9	50	51	55	54	10	56
10	75	72	73	74	75	10
11	91	90	70	95	100	90
12	100	101	105	74	106	100
13	84	85	80	55	87	88
14	20	21	24	26	10	27
15	31	33	34	35	34	30
16	44	41	45	44	46	10
17	55	54	50	52	70	56
18	17	15	18	10	17	16
19	20	27	22	21	23	19
20	75	74	73	17	74	76

**Задача 4.** Необходимо определить параметр потока отказов, для 3-х изделий, если за время  $\Delta t$  первое изделие отказало  $n_1$  раз, второе изделие –  $n_2$ , третье изделие –  $n_3$ . Данные для расчета взять из таблицы 11.

Таблица 11

Исходные данные для решения задачи 4

Номер варианта	$n_1$	$n_2$	$n_3$	$\Delta t$
1	2	3	1	100
2	3	4	2	100
3	4	3	1	100
4	4	5	2	100
5	4	4	3	100
6	5	5	1	100
7	2	5	3	100
8	3	4	5	100
9	4	2	1	100
10	5	4	5	100
11	5	3	2	100
12	2	1	5	100
13	3	2	5	100

Номер варианта	$n_1$	$n_2$	$n_3$	$\Delta t$
14	4	2	4	100
15	4	3	5	100
16	2	3	4	100
17	1	2	1	100
18	1	3	2	100
19	2	1	4	100
20	5	5	5	100

**Задача 5.** Необходимо определить наработку на отказ для трех изделий. Пусть первое изделие исправно работало первые  $t_{11}$  часа, затем отказало, и было отремонтировано. После этого до второго отказа оно работало  $t_{12}$  часа, до третьего отказа –  $t_{13}$  часа, и до четвертого отказа –  $t_{14}$  часа. Второе изделие проработало до первого отказа –  $t_{21}$  часа, до второго –  $t_{22}$  часа, до третьего –  $t_{23}$  часа. И, наконец, третье изделие до первого отказа работало –  $t_{31}$  часа, до второго –  $t_{32}$  часа, до третьего –  $t_{33}$  часа и до четвертого –  $t_{34}$  часа. Данные для расчета взять из таблицы 12.

Таблица 12

Исходные данные для решения задачи 5

№ варианта	$t_{11}$	$t_{12}$	$t_{13}$	$t_{14}$	$t_{21}$	$t_{22}$	$t_{23}$	$t_{31}$	$t_{32}$	$t_{33}$	$t_{34}$
1	100	80	85	90	120	100	90	80	85	70	100
2	120	100	90	80	125	110	90	75	80	70	65
3	130	120	110	102	131	130	90	75	70	60	55
4	90	110	105	90	100	95	90	95	90	85	65
5	102	80	70	60	90	85	90	60	65	62	59
6	500	100	91	85	98	85	70	65	60	50	41
7	400	400	450	200	400	405	71	55	330	310	100
8	430	385	350	340	420	400	380	350	380	310	200
9	420	410	400	300	400	350	390	390	380	300	250
10	410	400	390	350	410	360	300	410	350	300	280
11	400	405	360	320	400	380	340	380	305	250	220
12	200	380	70	310	380	350	350	300	280	300	210
13	210	190	180	350	180	190	360	200	150	140	150

№ варианта	$t_{11}$	$t_{12}$	$t_{13}$	$t_{14}$	$t_{21}$	$t_{22}$	$t_{23}$	$t_{31}$	$t_{32}$	$t_{33}$	$t_{34}$
14	220	200	190	340	200	185	300	180	150	120	120
15	230	210	200	100	150	190	170	140	170	130	130
16	250	220	210	180	210	200	170	160	200	140	140
17	150	240	230	180	240	220	180	220	200	150	100
18	160	230	220	170	230	230	170	240	90	190	120
19	170	140	145	200	220	130	210	220	250	190	150
20	180	150	140	130	140	150	120	100	350	80	165
21	190	160	140	135	175	140	110	110	300	200	70
22	100	170	150	120	180	160	120	300	330	300	170
23	135	180	160	110	170	150	130	400	340	280	200
24	300	190	170	100	150	120	140	350	100	160	250
25	350	150	195	105	460	160	100	180	150	250	45

**Задача 6.** В соответствии со сборочным чертежом и спецификацией были получены данные, представленные в таблице 13. Необходимо определить коэффициенты унификации, применяемости, повторяемости.

Таблица 13

Исходные данные для решения задачи 6

Номер варианта	Общее количество деталей	Общее количество наименований деталей	Количество унифицированных деталей	Количество наименований унифицированных деталей
1	120	56	68	24
2	110	67	45	24
3	158	49	87	15
4	245	105	145	79
5	135	76	74	34
6	156	145	120	99
7	189	148	99	58
8	178	78	34	16
9	145	89	23	13

Номер варианта	Общее количество деталей	Общее количество наименований деталей	Количество унифицированных деталей	Количество наименований унифицированных деталей
10	89	56	34	23
11	94	75	87	65
12	78	45	56	12
13	65	35	40	20
14	56	20	20	10
15	88	36	15	9
16	106	49	23	9
17	204	105	99	45
18	187	87	75	20
19	195	95	74	21
20	225	198	105	65

**Задача 7.** Необходимо определить показатели патентной защиты, патентной чистоты и территориальный показатель патентной чистоты. Если известно, что в токарно-револьверном станке выделено 30 составных частей, подлежащих учету при определении показателей патентной защиты и патентной чистоты. К ним относятся: кинематическая схема и токарно-револьверная головка (особо важные составные части); револьверная головка, коробка скоростей, коробка передач, система циркуляционной смазки, станина с основанием, редуктор, художественно-конструкторское решение (внешний вид) станка и др. (основные составные части, всего 12); фартук, эксцентриковые валики, подшипники и др. (вспомогательные составные части, всего 16).

Патентной чистотой не обладают внешний вид станка (подпадает под действие патента на промышленный образец одной из фирм в стране предполагаемого экспорта) и система циркуляционной смазки (относится к числу основных составных частей), а также четыре вспомогательные составные части.

Для данного вида изделий установлены в отрасли следующие ко-

эфициенты весомости составных частей по группам:

- кинематическая схема  $g_1$ ;
- токарно-револьверная головка  $g_2$ ;
- основные составные части  $g_3$ ;
- вспомогательные составные части  $g_4$ .

Данный станок изделие могли бы купить в  $C_1$  странах. Но в  $C_2$  из предполагаемых стран-покупателей станок не обладает патентной чистотой. Данные для расчета, представлены в таблице 14.

Таблица 14

Исходные данные для решения задачи 7

Номер варианта	$g_1$	$g_2$	$g_3$	$g_4$	$C_1$	$C_2$
1	0,3	0,3	0,3	0,1	12	3
2	0,2	0,2	0,4	0,2	5	1
3	0,1	0,2	0,3	0,4	8	2
4	0,5	0,1	0,2	0,2	10	4
5	0,1	0,2	0,2	0,5	7	1
6	0,2	0,1	0,3	0,4	15	5
7	0,4	0,1	0,2	0,3	12	2
8	0,6	0,1	0,2	0,1	14	3
9	0,2	0,1	0,4	0,3	9	2
10	0,1	0,3	0,4	0,2	17	6
11	0,3	0,1	0,2	0,4	10	1
12	0,2	0,2	0,2	0,4	11	4
13	0,2	0,4	0,1	0,3	12	4
14	0,1	0,2	0,5	0,2	15	3
15	0,2	0,5	0,2	0,1	14	2
16	0,1	0,4	0,3	0,2	11	5
17	0,1	0,3	0,1	0,5	16	3
18	0,1	0,1	0,3	0,5	16	6
19	0,1	0,3	0,4	0,2	12	6
20	0,3	0,2	0,3	0,2	19	5

**Задача 8.** Необходимо на основании расчета интегрального показателя качества выбрать экономически более выгодный станок. Параметры первого станка приведены в таблице 15, а параметры второго станка в таблице 16.



Параметры первого станка

Параметры	значения
Годовая производительность (при отсутствии отказов) ( $P_{\text{год}}$ ), тыс. шт.	20
Простои из-за отказов ( $P_{\text{отказ}}$ ), %	3
Годовые затраты на ремонт ( $Z_{\text{рем.год.}}$ ), тыс. руб.	2
Другие эксплуатационные затраты ( $Z_{\text{э.др.}}$ ), тыс. руб.	40
Срок службы ( $T_{\text{сл}}$ ), лет	12
Коэффициент, зависящий от срока службы ( $K_m$ )	0,16
Цена станка ( $C_1$ ), тыс. руб.	250

Таблица 16

Параметры второго станка

Номер варианта	$P_{\text{год}}$ , тыс. шт.	$P_{\text{отказ}}$ , %	$Z_{\text{рем.год.}}$ , тыс. руб.	$Z_{\text{э.др.}}$ , тыс. руб.	$T_{\text{сл}}$ , лет	$K_m$	$C_2$ , тыс. руб.
1	20	5	4	40	10	0,18	200
2	20	5	4	40	12	0,16	200
3	30	5	4	40	10	0,18	200
4	20	6	4	35	15	0,12	200
5	20	6	4	40	15	0,12	200
6	20	3	3	40	12	0,16	250
7	25	3	2	40	10	0,18	250
8	20	6	2	40	10	0,18	150
9	20	5	3	35	15	0,12	200
10	30	3	2	40	10	0,18	250
11	30	6	2	40	10	0,18	250
12	20	6	2	40	12	0,16	250
13	20	7	5	40	12	0,16	250
14	20	5	3	40	10	0,18	250
15	20	7	4	40	12	0,16	250
16	20	5	2	40	10	0,18	220
17	20	4	3	40	12	0,16	200
18	20	5	4	35	12	0,16	250
19	35	4	5	40	12	0,16	250
20	30	5	3	35	10	0,18	200

### Вопросы для самоконтроля

1. Что такое «показатель качества»?
2. Какие показатели качества называются «единичными»?
3. Приведите примеры единичных показателей качества.
4. Какие показатели входят в подгруппу показатели безотказности?
5. Какие показатели входят в подгруппу показатели долговечности?
6. Какие показатели входят в подгруппу показатели ремонтпригодности?
7. Какие показатели входят в подгруппу показатели сохраняемости?
8. Какие показатели входят в подгруппу антрометрические показатели?
9. Какие показатели входят в подгруппу гигиенические показатели?
10. Какие показатели входят в подгруппу физиологические и психофизиологические показатели?
11. Какие показатели входят в подгруппу психологические показатели?
12. Что называется вероятностью безотказной работы?
13. Что называется интенсивностью отказов?
14. Что называется средней наработкой до первого отказа?
15. Что называется параметром потока отказов?
16. Что называется наработкой на отказ?
17. Какие из вышеперечисленных показателей применяются для ремонтируемых изделий, а также для неремонтируемых?
18. Перечислить показатели, характеризующие долговечность и дать определение.
19. Перечислить показатели, характеризующие сохраняемость и ремонтпригодность и дать их определение.
20. Перечислить комплексные показатели, характеризующие безотказность и ремонтпригодность изделий и дать их определение.
21. Что такое унификация?

22. Что такое внутриразмерная унификация?
23. Что такое межразмерная унификация?
24. Что такое межтиповая унификация?
25. Что такое межзаводская и заводская унификации?
26. Что показывает коэффициент унификации?
27. Что показывает коэффициент повторяемости?
28. Что показывает коэффициент применяемости?
29. Что относится к стандартным составным частям изделия?
30. Что относится к унифицированным составным частям изделия?
31. Что относится к оригинальным составным частям изделия?
32. Что такое коэффициент межпроектной взаимной унификации?
33. Что такое коэффициент унификации группы изделий?
34. Какие показатели относятся к патентно-правовым?
35. Какие показатели относятся к показателям патентной защиты изделия?
36. Какое изделие является патентно чистым?
37. Что характеризует показатель патентной чистоты?
38. Что характеризует показатель патентной защиты изделия внутри страны?
39. Что показывает показатель патентной защиты отечественного изделия патентами за рубежом?
40. Как рассчитываются показатели патентной защиты и патентной чистоты с учетом составных частей изделия?
41. Как классифицируются комплексные показатели качества?
42. Как классифицируются показатели качества продукции по однородности характеризуемых свойств?
43. Какие показатели входят в группу функциональных показателей качества?
44. Какие показатели входят в группу ресурсосберегающих показателей?
45. Какие показатели относятся к показателям безопасности?
46. Как классифицируются показатели качества продукции по этапам выявления характеризуемых свойств?
47. Как классифицируются показатели качества продукции по

форме представления характеризующих свойств?

48. Как классифицируются показатели качества продукции по числу характеризующих свойств?

49. Что такое номенклатура показателей качества, и какие стандарты ее регламентируют?

50. Как классифицируют показатели качества продукции?

## 2. ФОРМИРОВАНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА

Каждый показатель качества, являясь количественной характеристикой одного из свойств качества объекта, должен отражать способность (свойство) этого объекта удовлетворять общественные потребности (интересы, ценности) в конкретных условиях. Таким образом, при формировании любого показателя качества необходимо учитывать следующие компоненты качества: общественную потребность; конкретные условия; объект и степень удовлетворения потребности. Показатель качества должен отвечать на вопрос: в какой степени рассматриваемый объект (явление) обладает свойством (способностью) удовлетворять общественную потребность (интерес, ценность)?

Потребитель формулирует свои пожелания, как правило, в абстрактной форме, типа «экономичный автомобиль» или «качественная бумага».

Необходимо пожелания потребителя перевести на такой уровень, когда эти *требования потребителя могут быть поставлены в прямую взаимосвязь с общими характеристиками продукта, т.е. могут быть измерены*. Например, пожелание потребителя «экономичный автомобиль» может быть развернуто в требования «низкая отпускная цена», «низкая стоимость пробега» и т.п., а требование «качественная бумага» — в «белизна», «гладкость», «плотность» и т.п.

Требования потребителя необходимо перевести в общие характеристики продукта (параметры качества продукта). Например, требование «низкой стоимости пробега» может быть удовлетворено за счет таких показателей качества, как «расход бензина», «частота отказов», «средний срок службы автомобиля» и т.п. При этом необходимо так выбирать параметры качества продукта, чтобы они были *измеряемы*.

Для полной количественной оценки качества продукции важно обоснованно выбрать комплекс единичных показателей качества, не упустив ни одного значимого показателя, но, одновременно не перегружая комплекс малозначимыми или трудноопределяемыми показателями.

При выборе номенклатуры единичных показателей качества следует руководствоваться нормативными документами на системы показателей качества продукции (см. п.1.2).

## 2.1. Выбор показателей качества по классификационному признаку

Выбор показателей качества для промышленной продукции осуществляется по известному классификационному признаку «вид использования».

### 2.1.1. Классификация промышленной продукции

Всю промышленную продукцию по характеру реализации ее свойств при эксплуатации можно разделить на две большие группы:

- 1) расходуемая при использовании;
- 2) расходующая свой ресурс (рис. 4).

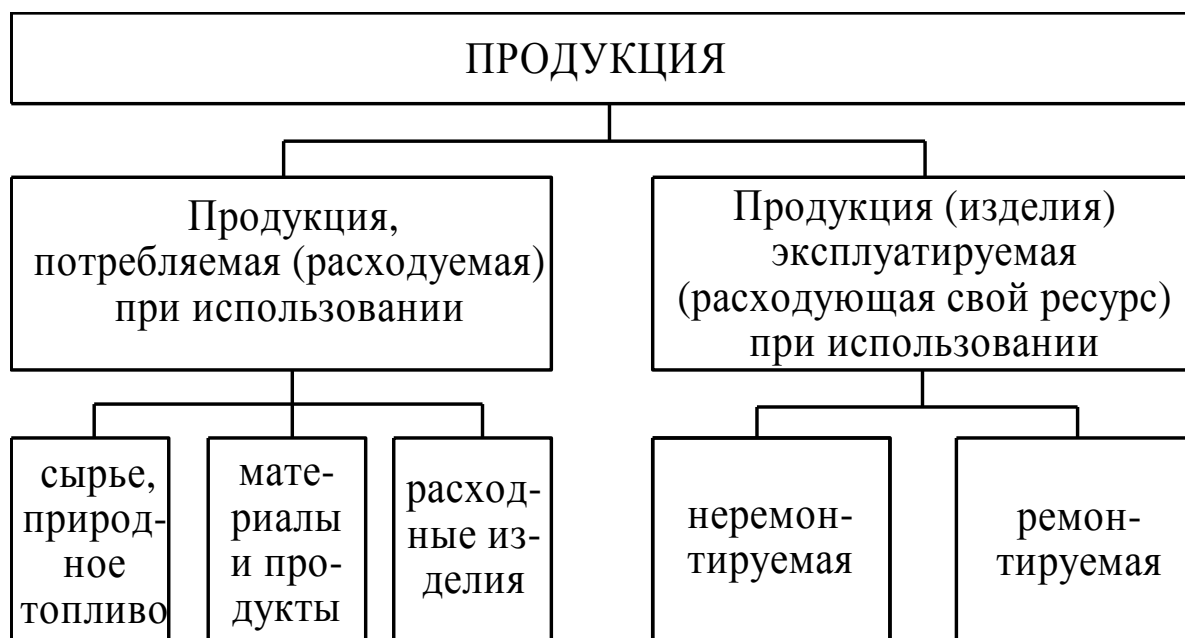


Рис. 4. Классификация промышленной продукции

В свою очередь первая группа подразделяется на следующие подгруппы: сырье и природное топливо; материалы и продукты и расходные изделия.

Ко второй группе относят две подгруппы: ремонтируемые и неремонтируемые изделия.

К первой подгруппе первой группы относят все полезные ископаемые, жидкое, твердое и газообразное топливо, естественные строительные материалы, драгоценные минералы, прочие неметаллические

ископаемые, сельскохозяйственную продукцию, цветы, лекарственные растения, сырьевые продукты животноводства, шелководства, пчеловодства, звероводства и охоты, рыболовства и т.д.

Во вторую подгруппу включают искусственное топливо, смазочные масла и смазки, различные химические продукты, материалы для текстильной и легкой промышленности, материалы строительной индустрии, лесоматериалы, электро- и радиотехнические материалы, кино- и фотоматериалы, медицинские препараты, пищевые продукты и т.п.

К третьей подгруппе относят кондитерские изделия, аптекарские и парфюмерно-косметические товары в промышленной упаковке, банки консервов, жидкое топливо в бочках, баллоны с газами, проволоку и кабели в катушках и в бобинах и т.д.

В первую подгруппу второй группы включают: электровакуумные и полупроводниковые приборы, резисторы, конденсаторы, болты, гайки, шайбы, подшипники, шестеренки, кирпичи, керамические плитки, керамическую и фаянсовую посуду и т.д.

Ко второй подгруппе второй группы относят технологическое оборудование различных отраслей промышленности, автоматизированные линии и автоматизированные комплексы, сельскохозяйственные машины, транспортные машины, измерительные приборы, средства автоматизации и систем управления, радиоэлектронные и электронные приборы, кино- и фотоаппаратуру, медицинские и бытовые приборы и аппараты, пушно-меховые изделия, швейные и трикотажные изделия, мебель и т.д.

По области применения продукция делится на продукцию производственно-технического назначения, товары народного потребления и продукцию социального назначения.

**Продукция производственно-технического назначения** (станки, машины, сырье, материалы) поступает в производственное потребление, а **товары народного потребления** (одежда, продукты питания) - в индивидуальное, личное потребление. К **продукции социального назначения** относится продукция, предназначенная для удовлетворения потребностей населения в сфере услуг на транспорте, в системе связи, в области культуры, здравоохранения, туризма, спорта, образования.

Приведенная классификация по трем различным критериям под-

разделяет продукцию на крупные классификационные группировки. Такое разделение продукции имеет значение при определении номенклатуры показателей качества для включения в нормативную документацию, разработка методов обеспечения качества, общих для классификационной группировки. Так, например, для продукции, относящейся к классификационным группировкам "сырье и природное топливо" и "материалы и продукты", не характерны эргономические показатели качества, ограниченное применение могут иметь эстетические показатели. Однако если материалы или продукты выпускаются в упаковке и относятся уже к группировке "расходные изделия", то эти показатели становятся весьма важными, они оказывают большое влияние на конкурентоспособность продукции. Разделение продукции по сфере ее реализации оказывает влияние на оценку значимости показателей качества при сопоставительной оценке. Эстетические и эргономические показатели для продукции народного потребления и социального назначения гораздо более весомы, чем для продукции производственно-технического назначения.

### ***2.1.2. Выбор показателей качества промышленной продукции***

При выборе показателей качества промышленной продукции желательно ориентироваться на таблицу применимости показателей качества, которая представлена в приложении Б.

Надо иметь в виду, что эргономические, эстетические, патентно-правовые, экологические и показатели безопасности имеют ограниченное применение, поэтому выбор этих групп показателей зависит от цели поставленных задач и экспериментатор вправе сам определять выбирать ли ему эти показатели или нет.

**Пример.** Необходимо выбрать группы показателей качества молочных продуктов.

**Решение.** Согласно классификации промышленной продукции молочные продукты относятся к группе «продукция, расходуемая при использовании» и подгруппе «материалы и продукты», и в соответствии с таблицей применимости показателей качества (см. приложение Б) выбираем следующие группы показателей:

– показатели назначения;



- показатели надежности (сохраняемости);
- эргономические показатели (органолептические);
- эстетические показатели;
- показатели технологичности;
- показатели транспортабельности;
- патентно-правовые показатели;
- экологические показатели;
- показатели безопасности.

В данном случае из показателей, имеющих ограниченную применимость, были выбраны эргономические показатели, в частности органолептические, эстетические, патентно-правовые, экологические и показатели безопасности. При выборе показателей качества для продуктов питания обязательно должны быть выбраны экологические показатели и показатели безопасности, так как продукты питания в первую очередь должны быть безопасными и экологичными.

### ***2.1.3. Выбор показателей надежности технических изделий***

Выбор показателей надёжности является одним из важных вопросов, при формировании показателей качества продукции.

При выборе показателей надёжности технических изделий необходимо воспользоваться классификацией технических устройств по различным признакам (приложения В).

Все технические устройства принято классифицировать по конструктивному признаку: продолжительности эксплуатации; временному режиму использования по назначению; доминирующим факторам при оценке последствий отказа.

Перед классификационными признаками (см. приложение В) представлены цифры разрядов классификационных шифров изделий.

Первый разряд шифра, если изделие неремонтируемое, обозначается цифрой 1, если изделие относится к ремонтируемому, то шифр обозначается цифрой 2. Цифра 2-го разряда определяется продолжительностью эксплуатации, третьего – временным режимом использования по назначению и четвёртого – доминирующим фактором при оценке последствий отказа.

Таким образом, для любого технического изделия можно получить

соответствующий ему классификационный шифр, состоящий из четырёхзначного числа.

Реальным условиям эксплуатации изделия в соответствии с особенностями конструкции изделий соответствует 31 классификационных шифров изделий, представленных в приложении Г. В ней все они разбиты на 10 вариантов, каждому из которых соответствуют свои основные показатели, определяющие надёжность данных изделий.

Используя классификацию можно определить шифр данного изделия и по полученному шифру выбрать основные показатели надёжности (см. приложение Г).

**Пример.** Необходимо выбрать показатели надёжности бытовой аппаратура – телевизора.

**Решение.** Бытовая аппаратура (телевизор) относится к группе ремонтируемых изделий (первая цифра шифра 2), эксплуатируется до предельного состояния (вторая цифра шифра 4), временный режим эксплуатации – прерывисто случайный (третья цифра шифра 3), доминирующим фактором при оценке последствий её отказа является отказ независимо от длительности простоя (четвёртая цифра шифра 1). Таким образом, для телевизора нами получен шифр 2431, и, следовательно, в соответствии с таблицей выбора основных показателей надёжности по классификационному шифру (см. приложение В), основными показателями надёжности для телевизора являются среднее значение параметра потока отказов –  $\varphi(t)$  (или наработка на отказ  $T$ ), ресурс  $T_d$  (или срок службы –  $T_{сл}$ ).

При отсутствии отечественных стандартов на системы показателей качества продукции рекомендуется воспользоваться зарубежными национальными и международными стандартами технических условий на конкретный вид продукции, проспекты фирм-изготовителей или результатами собственных исследований в области проектирования новых показателей. Для окончательного уверенного выбора совокупности единичных показателей качества можно воспользоваться аналитическими, экспертными или социологическими методами.

Для наглядного представления единичных показателей качества, выбранных для оценивания качества объекта исследования, часто ис-

пользуют так называемое «дерево показателей» («дерево свойств»).

## **2.2. Построение «дерева показателей» продукции**

Прежде чем строить «дерево показателей» качества, необходимо составить описание ситуации оценивания.

### **2.2.1. Составление описания ситуации оценивания**

Описание ситуации оценивания включает определение:

1) групп потребителей — лиц, предъявляющих одинаковые требования к оцениваемой продукции, — и указание на те из них, с чьих позиций будет произведено оценивание качества — основных потребителей;

2) однородной группы объектов, подлежащих оцениванию, этапов существования этих объектов, во время которых главную роль играют различные свойства объектов. Определение особых условий (например, климатических), в которых происходит эксплуатация объектов оценивания;

3) лучших объектов, предназначенных для выполнения тех же функций, что и объекты, подлежащие оцениванию, с которыми может быть проведено сопоставление. (Выполнение этого положения необходимо не всегда, но обязательно в тех случаях, когда в результате применения методики оценивания качества мы хотим обеспечить высокую конкурентоспособность промышленной продукции);

4) цели оценивания, т.е. решений, которые будут приняты в отношении оцениваемых объектов при тех или иных значениях комплексной оценки качества.

Цель оценивания (т.е. решения, которые будут приняты в отношении оцениваемых объектов) играет решающую роль в разработке методики оценивания качества. Насколько важно четкое определение цели оценивания качества, показывает следующий пример.

**Пример.** В крупном НИИ технического профиля проводили оценивание качества выполненных разработок. Экспертам, проводившим оценивание, вначале не сообщили его цель и они, предполагая, что по результатам оценивания работы будут премированы (как это обычно происходило в НИИ по итогам года), единодушно присудили первые

места разработкам, выполненным за короткое время на основе многих новых идей и авторских свидетельств. Были учтены затраты на разработку, состав коллектива исполнителей и т.п. Затем экспертов неожиданно известили, что оценивание качества происходит с целью выдвижения созданных технических объектов на международную выставку. И тогда эксперты столь же единодушно оценили как лучшие совершенно другие работы — имеющие наибольший шанс быть проданными за рубеж.

Почему это произошло?

Потому, что выбор определяющих показателей качества решающим образом зависит от цели оценивания, или, что то же самое, от решений, которые будут приняты в отношении оцениваемых объектов. В первом случае эти решения были — «премировать» — «не премировать», во втором — «рекомендовать для продажи на внешнем рынке» — «не рекомендовать».

Описание ситуации оценивания трудно составить сразу, за один этап работы. Как правило, в ходе разработки алгоритма комплексной оценки качества приходится неоднократно возвращаться к описанию ситуации оценивания и уточнять его.

### ***2.2.2. Составление перечня показателей качества***

Для построения «дерева свойств» необходимо составить возможно более полный перечень требований, предъявляемых основными потребителями. Этот перечень составляют, используя следующие источники:

- 1) техническую документацию на объект оценивания;
- 2) ГОСТы и другие методические документы, регламентирующие требования к объекту оценивания;
- 3) ГОСТ 22851-77 «Выбор номенклатуры показателей качества промышленной продукции»;
- 4) литературу по вопросам эксплуатации объекта оценивания или, если объект создается впервые, объектов аналогичного назначения (в частности, подборки рекламаций, если их удастся достать);
- 5) данные изучения рынка потребительского спроса и прогнозные данные, касающиеся ожидаемых требований потребителей;
- 6) опрос экспертов.

Из этих источников наиболее важны 4) и 5), т.к. именно удовлетворение перспективных требований потребителей определяет конкурентоспособность продукции и коммерческий успех ее разработки. ГОСТы и техническая документация по самому принципу своего создания и применения дают информацию с запозданием и в современной экономической обстановке не могут служить гарантией технического совершенства и конкурентоспособности объекта.

Формирование набора единичных показателей удобно начинать с составления перечня групп свойств, которые, предположительно, могут быть интересны определенной группе потребителей. Для изделий промышленного производства это могут быть группы функциональности, технологичности, патентно-правовые и др.

При этом необходимо учитывать и условия использования данной продукции. Например, если продукция предназначена для использования в особых условиях (тропики, агрессивная химическая среда и др.), необходимо введение группы, учитывающей эти условия. Напротив, большая часть единичных показателей должна быть исключена в связи с учетом условий потребления. Например, если речь идет о закупке некоторой продукции с доставкой к месту потребления, то показатели технологичности, патентно-правовые, транспортабельности могут быть несущественными. При формировании единичных показателей качества для промышленных изделий часто пренебрегают этапом ликвидации. Во многих случаях это оправдано, т.к. этап ликвидации не связан с какими-то особыми затруднениями для эксплуатационников. Однако для многих объектов тяжелого машиностроения, ядерной энергетики, автомобилестроения, учет этапа ликвидации остро необходим.

### ***2.2.3. Особенности составления перечня показателей качества для продукции, выпускаемой в ассортименте***

Особенно трудной задачей является формирование показателей качества изделий одного назначения, но ориентированных на различные группы потребителей и потому отличающихся по некоторым потребительским показателям, т.е. изделий, выпускаемых в ассортименте. Например, к таким изделиям относятся трубы нефтегазового сортамента, запорно-регулирующая арматура, буровые долота. Из других отрас-

лей промышленности в качестве примера можно привести бытовую электро- и радиотехнику, различные виды экскаваторов, другую строительную технику, т.е. изделия, выпуск которых фирмой или предприятием в единственном варианте нецелесообразен.

В этом случае перечень групп и единичных показателей составляют хотя бы для одной категории продукции (т.е. с позиций хотя бы одной категории потребителей). Разработка такой методики требует, прежде всего, обоснованного выделения групп потребителей (чтобы не раздувать излишне состав показателей) и правильного определения требований каждой группы.

Пример формирования единичных показателей качества для мужских наручных часов со стрелочным циферблатом для различных групп потребителей представлен в таблице 17.

Таблица 17

Пример формирования единичных показателей качества для различных групп потребителей

Потребители	Единичные показатели
Школьники	Автоподзавод Оригинальность (новизна) формы корпуса
Преподаватели школ	Антимагнитная защита Противоударное устройств
Студенты	Возможность регулирования громкости звука Продолжительность хода одного завода пружины
Преподаватели вузов	Гарантийный срок службы Различимость показаний при слабом освещении
Туристы, путешественники	Герметичность Рациональность формы корпуса
Изыскатели (геологи, геодезисты)	Громкость сигнала Расположение секундной стрелки
Инженеры-проектировщики	Надежность закрепления на руке Установка секундной стрелки по точному времени Срок безотказной работы по точности

Потребители	Единичные показатели
Администрация производственных предприятий	Диаметр Единство композиционного решения Способность работать при $t < -10^{\circ}\text{C}$ Способность работать при $t > 50^{\circ}\text{C}$ Срок безотказной работы по функционированию
Инженеры, руководители производства на машиностроительном предприятии	Удобство закрепления на руке Зависимость точности хода от температуры Срок безотказной работы по функционированию
Работники технических производств на открытом воздухе	Точность хода (ошибка за сутки) Усилие завода пружины Устойчивость к царапанию корпуса и стекла
Нефтяники, бурильщики	Чистота поверхности стекла Сигнальное устройств (будильник)
Работники технических производств без профессиональных вредностей	Устойчивость к вибрации Толщина корпуса
Работники производств с профессиональными вредностями (сварщики, аккумуляторщики)	Устойчивость к загрязнению корпуса и браслета Расположение секундной стрелки

После описания ситуации оценивания и выбора групп показателей качества можно приступать к построению «дерева показателей» качества.

#### ***2.2.4. Правила построения «дерева показателей» продукции***

«Дерево показателей» представляет собой графическое разложение сложного свойства «качество» на совокупность простых свойств (показателей), осуществляемое в виде последовательного многоуровневого подразделения (декомпозиции) каждого более сложного свойства на

группу менее сложных (рис. 5).

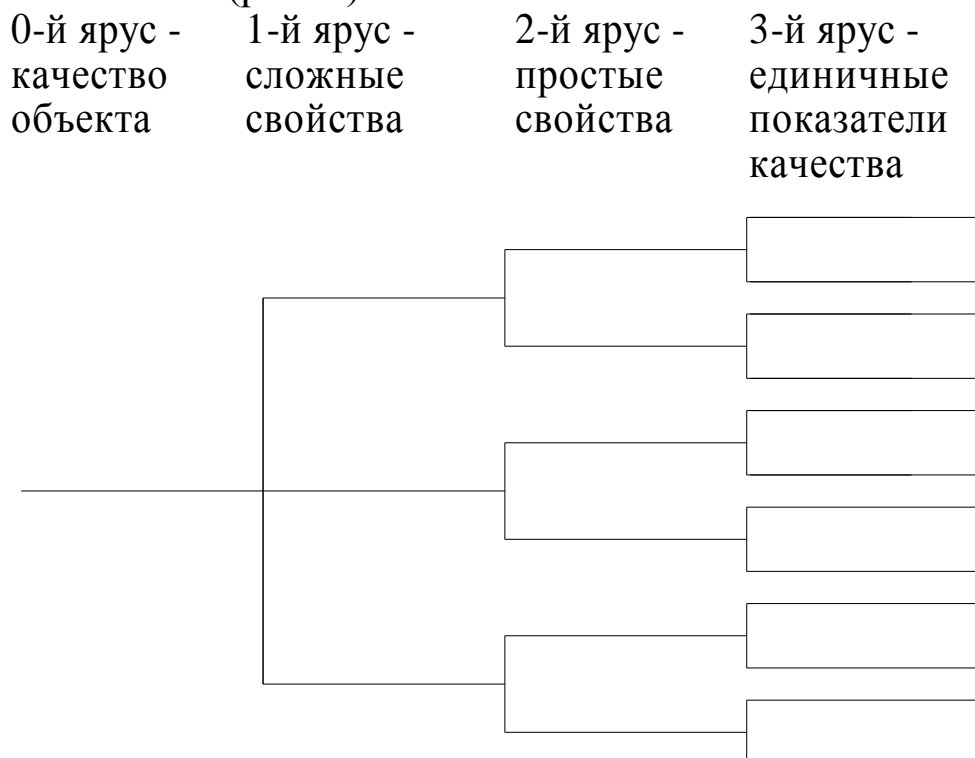


Рис. 5. Схематичное представление «дерева показателей»

«Дерево показателей» предназначено для решения комплекса задач. Во-первых при его построении дисциплинируется мышление и разработчик начинает четко представлять себе, какие группы свойств составляют в данном случае качество объекта и достаточно ли полно представлены показатели, составляющие данную группу. Во-вторых, «дерево показателей» представляет собой графическое выражение простейшего (но не обязательно окончательного) алгоритма расчета комплексной оценки качества.

Правила построения «дерева показателей» базируются на первом принципе квалиметрии: *свойство  $i$ -го уровня определяется соответствующими свойствами  $(i + 1)$ -го уровня  $(i = 0, 1, 2, \dots, m)$ .*

В квалиметрии качество рассматривается как некоторая иерархическая совокупность свойств, причем таких свойств, которые представляют интерес для потребителя. Для удобства можно принять, что качество, как некоторое наиболее обобщенное, комплексное



свойство продукции, рассматривается на самом низком, нулевом уровне иерархической совокупности свойств, а составляющие его менее обобщенные свойства — на более высоком, первом уровне иерархии (см. рис. 5).

В свою очередь, каждое из этих свойств также может состоять из некоторого числа еще менее общих свойств, лежащих на еще более высоком, втором уровне рассмотрения, а в простых случаях и на высших уровнях. Последние также могут быть разложены на менее общие свойства следующего высоте третьего уровня и т. д.

Возникает так называемое иерархическое дерево свойств, число уровней рассмотрения которого может неограниченно возрастать.

Строя иерархическую структуру свойств, желательно подняться до такого высокого  $m$ -го уровня рассмотрения на котором находятся не разлагаемые на какие-либо наименее общие, так называемые простые свойства. Нужно отметить, что простые свойства являются таковыми только в данный момент, при данном уровне знаний. С прогрессом науки свойства качества, считавшиеся ранее простыми, становятся разложимыми на другие, еще менее общие свойства и, таким образом, переходят из разряда простых — в разряд сложных. В этом отношении можно провести аналогию между структурой свойств качества и структурой так называемой большой системы, где элементом считается объект, не подлежащий дальнейшему расчленению на части (при данном рассмотрении системы). Внутренняя структура элемента не является предметом изучения. Существенны только такие свойства, которые определяют его взаимодействие с другими элементами системы или влияют на свойства системы в целом.

Таким образом, в определенном смысле можно считать, что простые свойства качества играют роль элементов большой системы.

В большинстве случаев простые свойства могут подвергаться различным физическим измерениям. Правила и методы таких измерений разрабатывает метрология.

Пример многоуровневой структуры показателей надежности представлен в приложении Д.

В квалиметрии приходится выполнять группировки 3-х типов объектов:

– самих промышленных изделий, формируя из них внутренне сопоставимые группы по сходству выполняемых функций и некоторым конструктивным параметрам;

– потребителей этих изделий, объединяя их по принципу единства предъявляемых к продукции требований

– показателей качества, формируя из них группы по ветвям дерева свойств.

Практически, для оценивания качества не очень сложных объектов, группировка показателей бывает настолько естественной, что может быть выполнена одним лицом – разработчиком методики. В более сложных случаях группировку показателей выполняют с привлечением экспертов.

Первоначально составляемая группа показателей должна удовлетворять требованию наибольшей полноты: в нее должны войти все показатели, включенные в состав группы хотя бы одним экспертом, известные хотя бы из одного источника. При этом необходимо проверить, не упущен ли какой-либо показатель, который может относиться к данной группе. Возможно, что тот или иной показатель окажется включенным в несколько групп. Это не страшно, т.к. далее необходимость его присутствия в каждой группе будет неоднократно проверена.

Если какой-либо показатель можно выразить через другие (расчетом или логическим условием) то его можно исключить из дерева.

Далее, при выполнении экспертных группировок, выявляется достаточный набор показателей в каждой группе. При этом из группы будут исключены показатели, оценки, принадлежности которых не достигают заданного уровня согласованности. Конечно, этот набор показателей нужно еще раз проверить на достаточность в содержательном смысле. В случае сомнений в достаточности – провести контрольный опрос экспертов.

Пример иерархического «дерева показателей» качества холодильника приведен в приложении Е.

Получив достаточный набор показателей, эксперты выполняют определение оценок их весомости. После нормировки оценок из каждой группы исключают показатели, у которых значения нормированных коэффициентов весомости не превышают 0,1 от максимума. Учет этих

показателей оказал бы крайне незначительное влияние на комплексную оценку качества. Это влияние было бы меньше влияния возможной ошибки в оценке коэффициентов весомости экспертным методом, которая, как показано в психофизиологических опытах, не менее 0,1 от максимума. Отбросив малозначимые показатели, получают необходимое число «определяющих» показателей, с использованием которых рассчитывают комплексную оценку качества.

Практически число частных показателей в группе бывает от 2 до 5, реже 6 – 7.

### **2.3. Нормирование единичных показателей качества**

При контрольных испытаниях и оценке качества товаров фактические значения показателей сравнивают с установленными нормами. При установлении норм можно использовать формальный и вероятностный методы.

Формальный метод основан на сравнении сводных характеристик выборки с нормативом без учета достоверности оценки характеристик партии по выборке. Этот метод работает и в том случае, если решение об уровне качества принимается по результатам сравнения индивидуальных значений. В этом случае в качестве норматива может быть принято наилучшее (наибольшее или наименьшее) выборочное значение за определенный период.

Вероятностный метод основан на оценке выборочного значения контролируемого параметра с учетом генеральной совокупности и сравнении его с установленным нормативом.

Оценка качества будет зависеть не только от используемого метода, но и от обоснованности и правильности установленных норм. Поэтому необходимо совершенствовать методы расчета и установления норм.

Общая методика установления норм должна включать следующие последовательно выполняемые этапы:

- 1) выбор номенклатуры показателей;
- 2) разработка методов количественной оценки выбранных единичных показателей качества;
- 3) получение и анализ фактических данных о нормируемом пока-

зателе;

4) расчет и установление норматива.

Рассмотрим два последних этапа процесса нормирования.

Прежде всего, необходимо определить требуемый объем фактических данных. Он зависит от требуемой точности и достоверности установления норматива. Ранее считалось, что число испытаний  $n$ , необходимое для установления норм, должно быть не менее  $10^3$  или даже  $10^4$ . В настоящее время успешно используют выборки  $n = 50 \dots 100$ . Разработаны методы, позволяющие решать эти задачи по малым ( $n < 5$ ) выборкам. Это объясняется объективными законами развития производства, когда, с одной стороны, резко возрастает необходимость получения оперативной информации, а с другой – увеличивается сложность и стоимость испытаний.

Вопрос выбора минимального числа испытаний, необходимого для установления норм, должен решаться в каждом конкретном случае.

Ориентировочно объем фактических данных можно определить по формуле

$$n \geq t^2 v_x^2 / \delta^2, \quad (58)$$

где  $t$  – нормированное отклонение, соответствующее квантилю распределения Стьюдента при доверительной вероятности  $\gamma = 0,95$  или  $\gamma = 0,99$  и зависящее от числа испытаний  $n$ ;

$v_x$  – коэффициент вариации нормируемого единичного показателя качества;

$\delta$  – заданная относительная погрешность измерения нормируемого единичного показателя качества.

Для более точного определения объема выборки следует учитывать, какого рода характеристика должна быть нормирована. Так, измерение характеристик неравномерности требует во много раз больше испытаний, чем измерение среднего арифметического с той же точностью.

Для определения объема выборки необходимо вычислить гарантийную ошибку одноступенчатой выборки.

Гарантийная ошибка  $\Delta_{\bar{x}}$  среднего арифметического:

$$\Delta_{\bar{x}} = \frac{t(\sigma_x)_g}{\sqrt{n-1}} \sqrt{\frac{N-n}{N-1}}, \quad (59)$$

где  $N$  – максимальное количество объектов, составляющих партию (генеральную совокупность).

Если  $N \gg 20$ , то формулу (59) можно записать в виде

$$\Delta_{\bar{x}} = \frac{t(\sigma_x)_g}{\sqrt{n-1}}. \quad (60)$$

Гарантийная ошибка  $\Delta_{\sigma_x}$  среднеквадратического отклонения:

$$\Delta_{\sigma_x} = \frac{\sqrt{2} \cdot (\sigma_x)_G}{\sqrt{n}} \sqrt{\frac{N-n}{N-1}}, \quad (61)$$

где  $(\sigma_x)_G$  – среднеквадратическое отклонение для всей партии:

$$(\sigma_x)_G = \frac{\bar{\sigma}_x}{C_n} \sqrt{\frac{n}{n-1}}, \quad (62)$$

где  $C_n$  – коэффициент, зависящий от  $n$  и определяемый по таблице 8, для нормального распределения;

$\bar{\sigma}_x$  – среднее значение среднеквадратического отклонения по нескольким выборкам.

Таблица 8

Значение коэффициента  $C_n$  при различном числе испытаний

Значение коэффициента $C_n$ при различном числе испытаний $n$								
2	3	4	5	10	15	20	25	30 и более
0,798	0,886	0,922	0,940	0,973	0,982	0,987	0,990	~1,00

Если  $N \gg 20$ , то

$$\Delta_{\sigma_x} = \frac{\sqrt{2} \cdot (\sigma_x)_G}{\sqrt{n}} \frac{\sqrt{n}}{C_n \sqrt{n-1}}. \quad (63)$$

Если  $n \leq 5$  и  $n > 30$ , то

$$\Delta_{\sigma_x} = \frac{\sqrt{2} \cdot (\sigma_x)_g}{\sqrt{n}}. \quad (64)$$

Гарантийная ошибка  $\Delta_{v_x}$  коэффициента вариации:

$$\Delta_{v_x} = \frac{87}{\sqrt{n}} \cdot (v_x)_G \sqrt{\frac{N-n}{N-1}}, \quad (65)$$

где  $(v_x)_G$  – коэффициент вариации для всей партии:

$$(v_x)_G = \frac{(\bar{v}_x)_e}{C_n} \sqrt{\frac{n}{n-1}}, \quad (66)$$

где  $(\bar{v}_x)_e$  – среднее значение коэффициента вариации по нескольким выборкам.

Если  $N \gg 20$  и  $n > 30$ . то

$$\Delta_{v_x} = \frac{\sqrt{2} \cdot (v_x)_e}{\sqrt{n}}, \quad (67)$$

Если  $(v_x)_e > 20\%$ , то

$$\Delta_{v_x} = \frac{\sqrt{2} \cdot (v_x)_e}{\sqrt{n}} \sqrt{1 + 2 \left( \frac{(v_x)_e}{100} \right)^2}. \quad (68)$$

Далее необходимо поступать следующим образом. Предположим, что измерения контролируемого показателя качества могут быть проверены с приемлемой относительной предельной ошибкой  $\delta = 5\%$ . Если необходимо измерить среднюю величину с той же относительной гарантийной ошибкой выборки, то ее принимают равной  $\delta$  и вычисляют абсолютную гарантийную ошибку выборки:

$$\Delta_{\bar{x}} = \frac{\delta \cdot \bar{x}}{100}. \quad (69)$$

Далее подставляют  $\Delta_{\bar{x}}$  в формулу для вычисления (59) или (60) и решают задачу относительно числа испытаний  $n$ . При этом  $t$  принимают равным двум. По аналогичной схеме решают задачи на вычисление необходимого числа испытаний при нормировании  $(\sigma_x)_e$  и  $(v_x)_e$ .

Для установления норм по результатам испытаний необходимо использовать нижнюю и верхнюю односторонние или двухсторонние границы вероятного нахождения внутри них генеральных характеристик. Если генеральная дисперсия  $(\sigma_x^2)_G$  заранее не известна, то по выборке объемом  $n$  подсчитывают значения  $\bar{x}$  и  $(\sigma_x)_e$ . Далее определяют нижнюю одностороннюю границу  $m_{n1}$  генерального среднего  $\bar{X}$  для

всей партии товара, верхнюю одностороннюю границу  $m_{e1}$  и соответственно двухсторонние границы  $m_{н2}$  и  $m_{e2}$  по формулам:

$$m_{н1} = \bar{x} - [t_1 \cdot (\sigma_x)_e] / \sqrt{n-1} = \bar{x} - (\Delta_{\bar{x}})_1, \quad (70)$$

$$m_{e1} = \bar{x} + [t_1 \cdot (\sigma_x)_e] / \sqrt{n-1} = \bar{x} + (\Delta_{\bar{x}})_1, \quad (71)$$

$$m_{н2} = \bar{x} - [t_2 \cdot (\sigma_x)_e] / \sqrt{n-1} = \bar{x} - (\Delta_{\bar{x}})_2, \quad (72)$$

$$m_{e2} = \bar{x} + [t_2 \cdot (\sigma_x)_e] / \sqrt{n-1} = \bar{x} + (\Delta_{\bar{x}})_2, \quad (73)$$

где  $t_1$  и  $t_2$  – квантили распределения Стьюдента при доверительной вероятности  $P = 0,95$  и  $P = 0,90$  в зависимости от числа испытаний.

Рассчитанные границы могут быть использованы в качестве нормативов (базовых значений) при определении дифференциальных показателей качества в безразмерных единицах при отсутствии установленных нормативных значений в стандартах и других нормативных документах.

### Задания для самостоятельного выполнения

**Задание 1.** Выбрать группы показателей качества для промышленной продукции, перечень которой представлен в приложении Ж, в соответствии с классификацией промышленной продукции.

**Задание 2.** Выбрать изделие из перечня, приведенного в приложении И и определить основные показатели надежности для данного технического изделия на основе классификационного шифра изделия.

**Задание 3.** Для промышленной продукции (см. приложение Ж) сформировать единичные показатели качества и определить меры показателей качества (в единицах физических величин или в безразмерных). Результаты оформить в виде таблицы 19.

Таблица 19

Единичные показатели качества для промышленной продукции  
(указать какой)

№	Единичные показатели качества	Мера

**Задание 4.** По результатам выполнения задания 3 из сформированных единичных показателей качества для выбранной продукции образовать комплексные показатели качества и построить иерархическое

«дерево показателей» качества для данной продукции.

**Задание 5.** Построить многоуровневую структуру различных групп показателей качества (см. приложение Д) в соответствии с классификацией рассмотренной в п.п. 1.3 – 1.6.

### **Вопросы для самоконтроля**

1. Какая продукция относится к продукции производственно-технического назначения?
2. Какая продукция относится к товарам народного потребления?
3. Какая продукция относится к продукции социального назначения?
4. Какая продукция относится к группе «сырье и природное топливо»?
5. Какая продукция относится к группе «материалы и продукты»?
6. Какая продукция относится к группе «расходные изделия»?
7. Какая продукция относится к группе «неремонтируемые изделия»?
8. Какая продукция относится к группе «ремонтируемые изделия»?
9. Какая продукция относится к классу «потребляемая при использовании»?
10. Какая продукция относится к классу «расходующая свой ресурс»?
11. В чем заключается принцип формирования единичных показателей качества промышленной продукции?
12. В чем заключается принцип формирования показателей качества для продукции, выпущенной в ассортименте?
13. Для каких целей необходимо установление нормативных значений показателей качества?
14. Какие методы могут применяться при установлении норм показателей качества?
15. Перечислите основные этапы установления нормативных значений показателей качества.
16. От чего зависит минимальное количество выборочных данных для проведения нормирования?



17. Какие значения можно принять в качестве нормативных при вероятностном методе?
18. Что такое «дерево показателей» качества?
19. Для чего используется «дерево показателей» качества?
20. Перечислите правила построения «дерева показателей» качества?
21. В чем заключается составление описания ситуации оценивания?

### 3. МЕТОДЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ КОМПЛЕКСНОГО ПОКАЗАТЕЛЯ КАЧЕСТВА

Состав основных методов определения фактических показателей качества, в том числе и комплексных, во многом зависит от используемых при этом способов и источников получения информации (рис. 6).

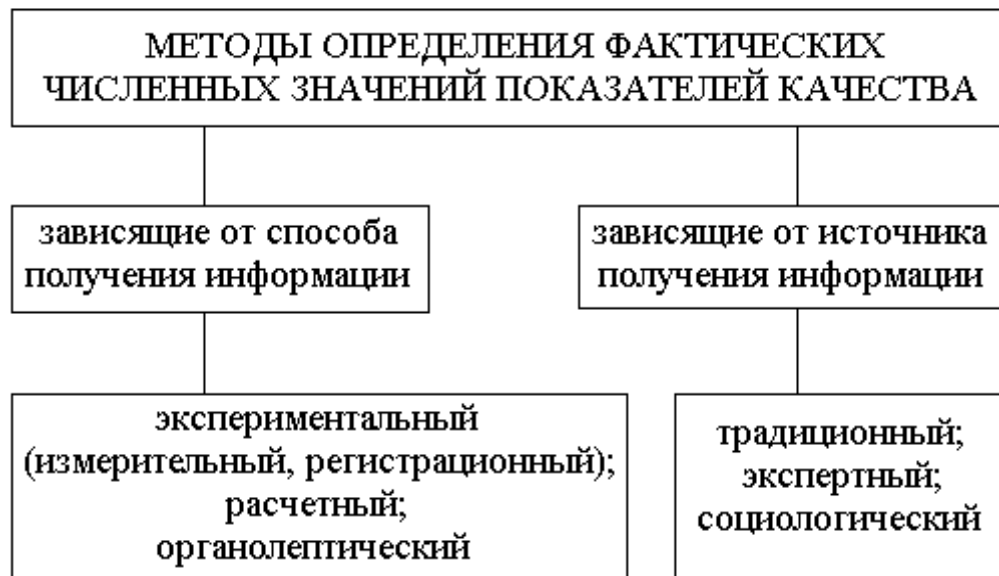


Рис.6. Классификация методов определения фактических численных значений показателей качества

**Экспериментальный** метод основывается на непосредственном измерении показателей качества или на обнаружении и подсчете (регистрации) числа различных событий, объектов, явлений с помощью всевозможных технических измерительных средств и контрольных приборов. В повышении объективности определяемых этим методом значений показателей большую роль играет метрологическое обеспечение.

**Расчетный** метод предполагает использование вычислений на основе известных теоретических и эмпирических зависимостей и данных, получаемых другими методами. Примерами применения этого метода может быть расчет производительности труда, показателей патентной чистоты, статистических показателей и других аналогичных показателей.

**Экспертный** (в том числе органолептический) метод предполагает использование мнений экспертов. Его следует применять в тех слу-

чаях, когда невозможно использовать экспериментальный или расчетный методы определения показателей качества.

**Традиционный** метод предполагает получение фактических данных с помощью технических источников информации в лабораториях, испытательных станциях, ОТК и т. п.

**Социологический метод** основывается на сборе и анализе мнений фактических или возможных потребителей.

Функциональный способ нахождения комплексного показателя качества предпочтительнее, но не всегда возможен по ряду причин. Одна из них состоит в том, что получить функциональную зависимость, учитывающую большое число единичных показателей качества, практически очень сложно. Если комплексный показатель качества невозможно выразить через единичные с помощью объективной зависимости, применяют субъективные способы образования комплексных показателей *по принципу среднего взвешенного*.

Когда определение числовых значений единичных показателей качества сложно и дорого в этих случаях комплексный показатель качества определяют способом *ранжирования по трехуровневой шкале*.

### **3.2. Определение комплексного показателя по принципу среднего взвешенного**

При применении способа образования комплексного показателя качества по принципу среднего взвешенного субъективным в этом случае является лишь параметр логики усреднения, сам же комплексный показатель – объективная количественная характеристика качества объекта. В самом общем виде комплексный показатель качества, по принципу среднего взвешенного определяют по формуле:

$$Q_{\Omega} = \gamma \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^m g_j Q_j}{\sum_{j=1}^m g_j}} \quad (74)$$

где  $\gamma$  – параметр логики усреднения;  
 $g_j$  – весовые коэффициенты;

$Q_j$  – значение  $j$ -го показателя;

$m$  – число единичных показателей  $Q_j$ .

Задавая разные значения  $\gamma$ , получаем разные виды средних взвешенных комплексных показателей:

Среднее гармоническое взвешенное	$\gamma = -1$	$\tilde{Q} = \frac{\sum_{j=1}^m g_j}{\sum_{j=1}^m \frac{g_j}{Q_j}} \quad (75)$
--	---------------	--

Среднее геометрическое взвешенное	$\gamma = 0$	$\bar{Q} = \left( \prod_{j=1}^m Q_j^{g_j} \right)^{\frac{1}{\sum_{j=1}^m g_j}} \quad (76)$
---	--------------	--

Среднее арифметическое взвешенное	$\gamma = 1$	$\bar{Q} = \frac{\sum_{j=1}^m g_j \cdot Q_j}{\sum_{j=1}^m g_j} \quad (77)$
---	--------------	--

Среднее квадратическое взвешенное	$\gamma = 2$	$\hat{Q} = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^m g_j \cdot Q_j^2}{\sum_{j=1}^m g_j}} \quad (78)$
---	--------------	---

По аналогии могут быть составлены и другие выражения комплексных показателей при иных значениях  $\gamma$ .

На практике применяют также средние взвешенные (назовем их смешанные), образованные сочетанием (объединением) вышеперечисленных. Например:

$$\bar{Q} = \frac{\sum_{j=1}^m g_j Q_j}{\sum_{j=1}^m g_j} + \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^m g_j Q_j^2}{\sum_{j=1}^m g_j}} \quad (79)$$

С помощью весовых коэффициентов  $g_j$ , как и для физических величин, учитывают важность или ценность каждого единичного показателя качества  $Q_j$  среди других. Ценность результатов измерения физических величин тем больше, чем меньше их рассеяние, мера которого дисперсия. Поэтому при обработке нескольких серий измерений и решений системы уравнений методом наименьших квадратов весовые коэффициенты выбирают обратно пропорциональными дисперсиям.

В квалиметрии «вес» показателей качества определяют иными соображениями. В зависимости от конкретных условий та или иная группа показателей качества (или отдельные показатели качества) бывает важнее или весомее других. Например, показатели назначения считают наиболее важными. Но могут быть и иные ситуации. Для ответа на вопрос, во сколько раз или насколько один показатель важнее другого, используют экспертные и аналитические методы определения коэффициентов весомости.

В экспертных методах веса (весомости) показателей, обычно, удовлетворяют условию:  $\sum_{j=1}^n g_{ij} = 1$

Поэтому формулы (75-78) принимают следующий вид:

$$\bar{Q} = \sum_{j=1}^m g_j Q_j \quad (80)$$

$$\bar{Q} = \prod_{j=1}^m Q_j^{g_j} \quad (81)$$

$$\tilde{Q} = \frac{1}{\sum_{j=1}^m \frac{g_j}{G_j}} \quad (82)$$

$$\hat{Q} = \sqrt{\sum_{j=1}^m g_j Q_j^2} \quad (83)$$

Если единичные показатели качества  $Q_j$  имеют одинаковые весо-

вые коэффициенты  $g_j \frac{1}{m}$ , то формулы (80-83) переходят в формулы:

$$\tilde{Q} = \frac{1}{\frac{1}{m} \sum_{j=1}^m \frac{1}{Q_j}} \quad (84)$$

$$\bar{Q} = \prod_{j=1}^m Q_j \frac{1}{m} \quad (85)$$

$$\hat{Q} = \frac{1}{m} \sum_{j=1}^m Q_j \quad (42)$$

$$\bar{Q} = \sqrt{\frac{1}{m} \sum_{j=1}^m Q_j^2} \quad (86)$$

Выбор аналитического метода определения весовых коэффициентов весомости  $g_j$  зависит от вида среднего взвешенного и других причин.

При числовом представлении единичных показателей качества  $Q_j$  их комплексирование с учетом весовых коэффициентов  $g_j$  должно проводиться в соответствии с правилами теории размерностей. Удобнее комплексировать безразмерные показатели качества. Поэтому очень часто от абсолютных значений единичных показателей качества предварительно переходят к относительным, которые всегда безразмерны.

Для перехода к относительным (единичным или комплексным) показателям качества  $Q_{j,отн}$  можно использовать соотношения:

$$Q_{j,отн} = \frac{Q_j}{Q_{j,n}} \text{ при } Q_j < Q_{j,n} \quad (87)$$

$$Q_{j,отн} = \frac{Q_{j,n}}{Q_j} \text{ при } Q_j > Q_{j,n} \quad (88)$$

где  $Q_{j,n}$  – нормирующее значение показателя качества, имеющего ту же размерность, что и  $Q_j$

В качестве нормирующего значения  $Q_{j,n}$  часто принимают базо-

вые показатели качества. Абсолютные значения комплексных показателей качества ( $\tilde{Q}, \bar{Q}, \hat{Q}, \bar{Q}$  и т.д.) получаются в этом случае безразмерными.

Большинство отечественных и зарубежных исследователей при разработке способов комплексной оценки качества с учетом весомости свойств отдает предпочтение среднеарифметической взвешенной оценке, благодаря простоте вычисления. Действительно, алгоритм комплексирования показателей качества по принципу среднего арифметического взвешенного является наиболее простым.

**Пример.** Комплексный показатель качества – долговечность морского сухогрузного судна – определяют с помощью среднего геометрического взвешенного, объединяя единичные показатели качества:

$Q_1$  – срок службы судна, лет;

$Q_2$  – ресурс главного двигателя, ч (с учетом их весов  $g_1$  и  $g_2$ ).

Оба единичных показателя качества размерные.

Принимая  $Q_1 = 12$  лет;  $g_1 = 0,5$ ;  $Q_2 = 1,8 \cdot 10^5$  ч = 20,6 лет;  $g_2 = 0,5$  и выбирая нормирующие значения показателей  $Q_{j,n}$  (например,  $Q_{1,n} = 12$  лет;  $Q_{2,n} = 2 \cdot 10^5$  ч = 22,9 лет) получают относительные значения единичных показателей качества по формулам (87) и (88):

$$Q_{1,отн} = \frac{12}{12} = 1$$

$$Q_{2,отн} = \frac{20,6}{22,9} = 0,9$$

Тогда комплексный показатель качества (долговечность судна) становится безразмерным.

Комплексный показатель рассчитываем по формуле (81):

$$\bar{Q} = Q_j^{g_1} \cdot Q_j^{g_2} = 1^{0,5} \cdot 0,9^{0,5} = 0,949.$$

Таким образом, комплексный показатель, рассчитанный по принципу среднего геометрического взвешенного, будет равен 0,949.

### 3.3. Определение комплексного показателя способом ранжирования по трехуровневой шкале

При применении способа ранжирования по трехуровневой шкале

экспертным методом определяют уровень единичных показателей качества: высокий – В; средний – С; низкий – Н. При определении комплексного показателя качества в качестве исходной предпосылки принимают, что при высоком уровне всех единичных показателей качества числовое значение комплексного показателя должно равняться 1; при среднем уровне всех единичных показателей – 0,5; при низком уровне единичных показателей – 0.

В этом случае значение комплексного показателя определяют по формуле:

$$\check{Q} = 1 - \frac{n_n}{n} - 0,5 \frac{n_c}{n} \quad (89)$$

где  $n_n$  и  $n_c$  число единичных показателей низкого и среднего уровня соответственно;

$n$  – число комплексированных единичных показателей.

Если же весовые единичных показателей различны, тогда значение комплексного показателя качества определяют по следующей формуле:

$$\check{Q} = 1 - \sum_{j=1}^{m_n} g_{n_j} - 0,5 \sum_{j=1}^{m_c} g_{c_j} \quad (90)$$

где  $m_n$  и  $m_c$  – число показателей низкого и среднего уровня соответственно;

$g_{n_j}$  и  $g_{c_j}$  – нормированный вес единичного показателя качества низкого и среднего уровня соответственно, а требования нормировки сводится к тому, чтобы сумма весов всех единичных показателей качества равнялась единице.

**Пример.** Комплексный показатель качества – уровень знаний выпускников при итоговой аттестации – определяют с помощью среднего арифметического взвешенного, объединяя единичные показатели качества:  $Q_1$  – актуальность;  $Q_2$  – доклад;  $Q_3$  – содержание;  $Q_4$  – ответы на вопросы;  $Q_5$  – внедрение;  $Q_6$  – публикации;  $Q_7$  – новизна;  $Q_8$  – применение компьютерной технологии;  $Q_9$  – оформление (с учетом их весов  $g_1, g_2, \dots, g_9$ ). Все показатели безразмерные.



В таблице 20 приведены уровни единичных показателей, представленных семи экспертами.

Таблица 20

Эксперты	$Q_1$	$Q_2$	$Q_3$	$Q_4$	$Q_5$	$Q_6$	$Q_7$	$Q_8$	$Q_9$
1	В	В	В	В	Н	Н	В	Н	В
2	С	В	В	В	Н	С	С	Н	В
3	В	С	В	С	Н	Н	С	Н	С
4	С	С	В	В	Н	Н	С	Н	С
5	С	С	С	С	Н	Н	Н	Н	С
6	В	В	С	С	Н	С	Н	Н	С
7	С	В	С	С	Н	С	Н	Н	С

Определить комплексный показатель – уровень знаний выпускника при следующих значениях весовых коэффициентов:  $g_1 = 0,12$ ;  $g_2 = 0,2$ ;  $g_3 = 0,15$ ;  $g_4 = 0,15$ ;  $g_5 = 0,18$ ;  $g_6 = 0,055$ ;  $g_7 = 0,045$ ;  $g_8 = 0,065$ ;  $g_9 = 0,035$ .

**Решение.**

1. Количество единичных показателей низкого уровня  $n_n = 21$ ;

2. Нормированные веса единичных показателей низкого уровня:

$$g_{5,n} = \frac{0,18 \cdot 7}{7} = 0,18 \qquad g_{6,n} = \frac{0,055 \cdot 4}{7} = 0,0314$$

$$g_{7,n} = \frac{0,045 \cdot 3}{7} = 0,019 \qquad g_{8,n} = \frac{0,065 \cdot 7}{7} = 0,065$$

3. Количество единичных показателей среднего уровня  $n_c = 25$ ;

4. Нормированные веса единичных показателей среднего уровня:

$$g_{1,c} = \frac{0,12 \cdot 4}{7} = 0,068 \qquad g_{2,c} = \frac{0,2 \cdot 3}{7} = 0,085$$

$$g_{3,c} = \frac{0,15 \cdot 3}{7} = 0,064 \qquad g_{4,c} = \frac{0,15 \cdot 4}{7} = 0,085$$

$$g_{6,c} = \frac{0,055 \cdot 3}{7} = 0,023 \qquad g_{7,c} = \frac{0,045 \cdot 3}{7} = 0,019$$

$$g_{9,c} = \frac{0,035 \cdot 5}{7} = 0,025$$

5. Комплексный показатель определяем по формуле (90):

$$\bar{Q} = 1 - \sum_{j=1}^{m_n} g_{n_j} - 0,5 \sum_{j=1}^{m_c} g_{c_j} = 1 - (0,18 + 0,0314 + 0,019 + 0,065) - \\ - \frac{1}{2} (0,068 + 0,085 + 0,064 + 0,085 + 0,023 + 0,019 + 0,025) = 0,5966$$

Таким образом, комплексный показатель качества рассчитанный способом ранжирования по трехуровневой шкале равен 0,5966.

### Задания для самостоятельного выполнения

**Задание 1.** Комплексный показатель качества – долговечность морского сухогрузного судна, объединяя единичные показатели качества:

$Q_1$  – срок службы судна, лет;

$Q_2$  – ресурс главного двигателя, ч (с учетом их весов  $g_1$  и  $g_2$ )

Оба единичных показателя качества размерные.

По данным таблицы 21, определить значение комплексного показателя качества с помощью:

- среднего арифметического взвешенного;
- среднего геометрического взвешенного;
- среднего гармонического взвешенного;
- среднего квадратического взвешенного.

Таблица 21

Исходные данные для выполнения задания 1

Номер варианта	$Q_1$ , лет	$Q_2$ , $10^5$ ч	$g_1$	$g_2$	$Q_{1, n}$ , лет	$Q_{2, n}$ , $10^5$ ч
1	12	1,8	0,6	0,4	15	2,0
2	10	2,0	0,5	0,5	12	1,8
3	10	1,8	0,4	0,6	11	2,0
4	10	4,0	0,5	0,5	10	3,5
5	12	2,8	0,6	0,4	11	2,0
6	10	2,5	0,45	0,55	12	2,0
7	12	2,0	0,4	0,6	12	2,5
8	10	2,0	0,55	0,45	10	1,8
9	12	2,0	0,6	0,4	15	3,0
10	15	3,0	0,5	0,5	12	2,8
11	10	0,8	0,6	0,4	12	1,0

Номер варианта	$Q_1$ , лет	$Q_2$ , $10^5$ ч	$g_1$	$g_2$	$Q_{1, n}$ , лет	$Q_{2, n}$ , $10^5$ ч
12	10	2,0	0,5	0,5	11	2,8
13	20	3,8	0,6	0,4	22	4,0
14	10	1,8	0,5	0,5	12	1,8
15	12	1,5	0,6	0,4	15	2,0
16	11	2,0	0,5	0,5	12	1,8
17	12	1,6	0,6	0,4	15	1,5
18	10	2,5	0,5	0,5	12	2,5
19	18	4,5	0,35	0,65	10	1,5
20	14	3,0	0,55	0,45	13	1,9

**Задание 2.** Комплексный показатель качества – уровень знаний выпускников при итоговой аттестации – определяют с помощью среднего арифметического взвешенного, объединяя единичные показатели качества:  $Q_1$  – актуальность;  $Q_2$  – доклад;  $Q_3$  – содержание;  $Q_4$  – ответы на вопросы;  $Q_5$  – внедрение;  $Q_6$  – публикации;  $Q_7$  – новизна;  $Q_8$  – применение компьютерной технологии;  $Q_9$  – оформление (с учетом их весов  $g_1, g_2, \dots, g_9$ ). Все показатели безразмерные.

Определить комплексный показатель – уровень знаний выпускника при следующих значениях весовых коэффициентов:  $g_1 = 0,12$ ;  $g_2 = 0,2$ ;  $g_3 = 0,15$ ;  $g_4 = 0,15$ ;  $g_5 = 0,18$ ;  $g_6 = 0,055$ ;  $g_7 = 0,045$ ;  $g_8 = 0,065$ ;  $g_9 = 0,035$ .

Уровни единичных показателей, проставленных семи экспертами приведены для каждого варианта.

### Вариант 1

Эксперты	$Q_1$	$Q_2$	$Q_3$	$Q_4$	$Q_5$	$Q_6$	$Q_7$	$Q_8$	$Q_9$
1	В	В	В	С	Н	Н	В	Н	В
2	С	В	С	В	Н	Н	С	Н	В
3	В	С	В	С	Н	Н	С	Н	С
4	С	С	В	В	Н	Н	С	Н	С
5	С	С	С	С	Н	Н	Н	Н	С
6	В	В	С	С	Н	С	Н	Н	С
7	С	В	С	С	Н	С	Н	Н	С

**Вариант 2**

Эксперты	Q <sub>1</sub>	Q <sub>2</sub>	Q <sub>3</sub>	Q <sub>4</sub>	Q <sub>5</sub>	Q <sub>6</sub>	Q <sub>7</sub>	Q <sub>8</sub>	Q <sub>9</sub>
1	В	В	В	В	Н	Н	В	Н	В
2	В	В	В	В	Н	С	Н	Н	В
3	В	В	В	С	Н	Н	С	Н	С
4	С	С	В	В	Н	Н	С	Н	С
5	С	С	С	С	Н	Н	Н	Н	С
6	В	В	С	С	Н	С	Н	Н	С
7	С	В	С	С	Н	С	Н	Н	С

**Вариант 3**

Эксперты	Q <sub>1</sub>	Q <sub>2</sub>	Q <sub>3</sub>	Q <sub>4</sub>	Q <sub>5</sub>	Q <sub>6</sub>	Q <sub>7</sub>	Q <sub>8</sub>	Q <sub>9</sub>
1	В	В	В	С	Н	Н	В	Н	В
2	С	В	С	В	Н	Н	С	Н	В
3	В	С	В	С	Н	Н	С	Н	С
4	С	С	В	В	Н	Н	С	Н	С
5	С	С	С	С	Н	Н	Н	Н	В
6	В	В	С	С	Н	Н	Н	Н	С
7	В	В	С	В	Н	Н	Н	Н	С

**Вариант 4**

Эксперты	Q <sub>1</sub>	Q <sub>2</sub>	Q <sub>3</sub>	Q <sub>4</sub>	Q <sub>5</sub>	Q <sub>6</sub>	Q <sub>7</sub>	Q <sub>8</sub>	Q <sub>9</sub>
1	В	В	В	В	Н	Н	В	Н	В
2	В	В	В	В	Н	С	Н	Н	В
3	В	В	В	С	Н	Н	С	Н	С
4	С	С	В	В	Н	Н	С	Н	С
5	С	С	С	С	Н	Н	Н	Н	В
6	В	В	В	С	Н	С	Н	Н	С
7	С	В	С	С	Н	Н	Н	Н	В

**Вариант 5**

Эксперты	Q <sub>1</sub>	Q <sub>2</sub>	Q <sub>3</sub>	Q <sub>4</sub>	Q <sub>5</sub>	Q <sub>6</sub>	Q <sub>7</sub>	Q <sub>8</sub>	Q <sub>9</sub>
1	В	В	В	С	Н	Н	В	Н	В
2	С	В	С	В	Н	Н	С	С	В
3	В	С	В	С	Н	С	С	Н	С
4	С	В	В	В	Н	Н	С	Н	С
5	С	С	С	С	Н	Н	Н	С	С
6	В	В	В	С	Н	С	Н	Н	С
7	С	В	С	В	Н	С	Н	Н	С

**Вариант 6**

Эксперты	Q <sub>1</sub>	Q <sub>2</sub>	Q <sub>3</sub>	Q <sub>4</sub>	Q <sub>5</sub>	Q <sub>6</sub>	Q <sub>7</sub>	Q <sub>8</sub>	Q <sub>9</sub>
1	В	В	С	В	Н	Н	В	Н	В
2	В	С	С	В	Н	С	Н	Н	В
3	В	В	В	С	Н	Н	Н	Н	С
4	С	С	Н	В	Н	Н	Н	Н	С
5	С	С	С	С	Н	Н	Н	Н	С
6	В	В	С	С	Н	С	Н	Н	С
7	С	С	Н	С	Н	С	Н	Н	С

**Вариант 7**

Эксперты	Q <sub>1</sub>	Q <sub>2</sub>	Q <sub>3</sub>	Q <sub>4</sub>	Q <sub>5</sub>	Q <sub>6</sub>	Q <sub>7</sub>	Q <sub>8</sub>	Q <sub>9</sub>
1	В	В	В	С	Н	Н	В	Н	В
2	С	В	С	В	Н	Н	С	С	В
3	В	С	В	С	Н	Н	С	Н	С
4	С	В	В	В	Н	Н	С	С	С
5	С	С	С	С	Н	Н	Н	Н	В
6	В	В	С	С	Н	С	Н	С	С
7	С	В	С	С	Н	С	Н	Н	С

**Вариант 8**

Эксперты	Q <sub>1</sub>	Q <sub>2</sub>	Q <sub>3</sub>	Q <sub>4</sub>	Q <sub>5</sub>	Q <sub>6</sub>	Q <sub>7</sub>	Q <sub>8</sub>	Q <sub>9</sub>
1	В	В	В	В	Н	Н	В	Н	В
2	В	В	В	В	Н	С	Н	С	В
3	В	В	В	С	Н	Н	С	Н	С
4	С	С	В	В	Н	С	С	Н	С
5	С	С	С	С	Н	Н	Н	Н	С
6	В	В	С	В	Н	С	В	С	С
7	С	В	С	С	Н	С	Н	Н	С

**Вариант 9**

Эксперты	Q <sub>1</sub>	Q <sub>2</sub>	Q <sub>3</sub>	Q <sub>4</sub>	Q <sub>5</sub>	Q <sub>6</sub>	Q <sub>7</sub>	Q <sub>8</sub>	Q <sub>9</sub>
1	В	В	В	С	Н	Н	В	Н	В
2	С	В	С	В	Н	С	С	Н	В
3	В	С	В	С	Н	Н	С	Н	С
4	С	С	В	В	Н	Н	С	С	С
5	С	С	С	С	Н	Н	Н	Н	С
6	В	В	С	С	Н	С	Н	Н	С
7	С	В	С	С	Н	С	Н	С	С

**Вариант 10**

Эксперты	Q <sub>1</sub>	Q <sub>2</sub>	Q <sub>3</sub>	Q <sub>4</sub>	Q <sub>5</sub>	Q <sub>6</sub>	Q <sub>7</sub>	Q <sub>8</sub>	Q <sub>9</sub>
1	В	В	В	В	Н	Н	В	С	В
2	В	В	С	В	Н	С	Н	Н	В
3	В	В	В	С	Н	Н	С	Н	С
4	С	С	В	В	Н	С	С	С	В
5	С	С	С	С	Н	Н	Н	Н	С
6	В	В	С	В	Н	С	Н	Н	С
7	С	В	С	С	Н	С	Н	С	С

**Вариант 11**

Эксперты	Q <sub>1</sub>	Q <sub>2</sub>	Q <sub>3</sub>	Q <sub>4</sub>	Q <sub>5</sub>	Q <sub>6</sub>	Q <sub>7</sub>	Q <sub>8</sub>	Q <sub>9</sub>
1	В	В	В	С	Н	Н	В	Н	В
2	С	В	С	В	С	Н	С	С	В
3	В	С	В	С	Н	Н	С	Н	С
4	С	В	В	В	Н	Н	С	Н	С
5	В	С	С	С	С	Н	Н	С	С
6	В	В	В	В	Н	С	Н	Н	С
7	С	В	С	С	Н	С	Н	Н	С

**Вариант 12**

Эксперты	Q <sub>1</sub>	Q <sub>2</sub>	Q <sub>3</sub>	Q <sub>4</sub>	Q <sub>5</sub>	Q <sub>6</sub>	Q <sub>7</sub>	Q <sub>8</sub>	Q <sub>9</sub>
1	В	В	В	В	Н	Н	В	С	В
2	В	В	С	В	Н	С	Н	Н	В
3	В	В	В	С	Н	Н	С	Н	С
4	С	В	В	В	Н	Н	С	Н	В
5	В	С	С	С	Н	Н	Н	Н	С
6	В	В	С	С	Н	С	Н	Н	С
7	С	В	С	С	Н	С	Н	С	С

**Вариант 13**

Эксперты	Q <sub>1</sub>	Q <sub>2</sub>	Q <sub>3</sub>	Q <sub>4</sub>	Q <sub>5</sub>	Q <sub>6</sub>	Q <sub>7</sub>	Q <sub>8</sub>	Q <sub>9</sub>
1	В	В	В	С	Н	С	В	Н	В
2	С	В	С	В	Н	Н	С	Н	В
3	В	С	С	С	Н	Н	С	Н	С
4	С	С	В	В	Н	Н	С	Н	С
5	С	С	С	С	Н	Н	Н	Н	В
6	В	В	С	С	Н	С	Н	Н	С
7	С	В	С	С	Н	Н	Н	Н	С

**Вариант 14**

Эксперты	Q <sub>1</sub>	Q <sub>2</sub>	Q <sub>3</sub>	Q <sub>4</sub>	Q <sub>5</sub>	Q <sub>6</sub>	Q <sub>7</sub>	Q <sub>8</sub>	Q <sub>9</sub>
1	В	В	В	В	Н	Н	В	Н	В
2	В	В	В	В	Н	С	Н	С	В
3	В	В	В	С	Н	Н	В	Н	С
4	С	С	В	В	Н	Н	С	Н	С
5	С	С	С	С	Н	Н	Н	С	С
6	В	В	С	С	Н	С	С	Н	В
7	С	В	С	С	Н	С	Н	Н	С

**Вариант 15**

Эксперты	Q <sub>1</sub>	Q <sub>2</sub>	Q <sub>3</sub>	Q <sub>4</sub>	Q <sub>5</sub>	Q <sub>6</sub>	Q <sub>7</sub>	Q <sub>8</sub>	Q <sub>9</sub>
1	В	В	В	С	Н	Н	В	Н	В
2	С	В	С	В	Н	Н	С	С	В
3	В	С	В	С	Н	Н	С	Н	С
4	С	С	В	В	Н	Н	С	С	В
5	С	С	С	С	Н	Н	Н	Н	В
6	В	В	С	С	Н	С	Н	С	С
7	С	В	С	С	Н	С	Н	Н	В

**Вариант 16**

Эксперты	Q <sub>1</sub>	Q <sub>2</sub>	Q <sub>3</sub>	Q <sub>4</sub>	Q <sub>5</sub>	Q <sub>6</sub>	Q <sub>7</sub>	Q <sub>8</sub>	Q <sub>9</sub>
1	В	В	В	В	С	Н	В	С	В
2	В	В	В	В	Н	С	Н	Н	В
3	В	В	В	С	Н	Н	С	Н	С
4	С	С	В	В	Н	Н	С	Н	С
5	С	С	С	С	Н	Н	Н	Н	С
6	В	В	С	В	Н	С	Н	Н	С
7	С	В	С	С	Н	С	Н	Н	С

**Вариант 17**

Эксперты	Q <sub>1</sub>	Q <sub>2</sub>	Q <sub>3</sub>	Q <sub>4</sub>	Q <sub>5</sub>	Q <sub>6</sub>	Q <sub>7</sub>	Q <sub>8</sub>	Q <sub>9</sub>
1	В	В	В	С	Н	Н	В	С	В
2	С	В	С	В	Н	Н	С	Н	С
3	В	С	В	С	Н	Н	Н	Н	С
4	С	С	В	В	Н	Н	С	Н	С
5	С	С	С	С	Н	Н	Н	Н	С
6	В	В	С	С	Н	С	Н	Н	С
7	С	В	С	С	Н	Н	Н	С	С

**Вариант 18**

Эксперты	Q <sub>1</sub>	Q <sub>2</sub>	Q <sub>3</sub>	Q <sub>4</sub>	Q <sub>5</sub>	Q <sub>6</sub>	Q <sub>7</sub>	Q <sub>8</sub>	Q <sub>9</sub>
1	В	В	В	В	Н	Н	В	Н	В
2	В	В	В	В	Н	С	Н	Н	В
3	В	В	В	С	Н	Н	С	Н	С
4	С	С	В	В	Н	С	С	С	С
5	В	С	С	С	Н	Н	Н	Н	В
6	В	В	С	С	Н	С	Н	С	С
7	С	В	В	С	Н	С	Н	Н	С

**Вариант 19**

Эксперты	Q <sub>1</sub>	Q <sub>2</sub>	Q <sub>3</sub>	Q <sub>4</sub>	Q <sub>5</sub>	Q <sub>6</sub>	Q <sub>7</sub>	Q <sub>8</sub>	Q <sub>9</sub>
1	В	С	В	С	Н	Н	В	С	В
2	С	В	С	В	Н	Н	С	Н	С
3	В	С	В	С	Н	Н	Н	Н	С
4	С	С	В	В	Н	Н	С	Н	С
5	С	С	С	С	Н	Н	Н	Н	С
6	В	В	С	С	Н	С	Н	Н	С
7	С	В	С	В	Н	Н	Н	С	Н

**Вариант 20**

Эксперты	Q <sub>1</sub>	Q <sub>2</sub>	Q <sub>3</sub>	Q <sub>4</sub>	Q <sub>5</sub>	Q <sub>6</sub>	Q <sub>7</sub>	Q <sub>8</sub>	Q <sub>9</sub>
1	В	В	В	В	Н	Н	В	Н	В
2	В	В	С	В	Н	С	Н	С	В
3	В	В	В	С	Н	Н	С	Н	С
4	С	С	В	В	Н	С	С	С	С
5	В	С	С	С	Н	Н	Н	Н	В
6	В	В	С	С	Н	С	Н	С	С
7	С	В	В	С	Н	С	Н	Н	С

**Вопросы для самоконтроля**

1. Перечислите способы комплексирования показателей качества.
2. В чем заключается переход от абсолютных значений показателей качества к относительным?
3. В чем сущность способа комплексирования показателей качества по принципу среднего взвешенного?



4. Какие виды средних взвешенных комплексных показателей вам известны?

5. В каких случаях назначают коэффициент ветто?

6. В каких случаях применяют комплексирование по трехуровневой шкале?

## 4. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВЕСОВЫХ КОЭФФИЦИЕНТОВ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА

### 4.1. Экспертные методы определения весовых коэффициентов

В зависимости от измерительной задачи разработаны различные алгоритмы определения весовых коэффициентов. Существуют пять способов определения весовых коэффициентов: способ ранжирования, способ непосредственного оценивания, способ попарного сопоставления, способ двойного попарного сопоставления и способ последовательных сопоставлений. Они отличаются как подходами к постановке вопросов, на которые отвечают эксперты, так и проведением экспериментов и обработкой результатов экспертиз.

#### 4.1.1 Способ ранжирования

Представление результата измерения ранжированным рядом имеет смысл тогда, когда несколько объектов экспертизы можно рассматривать как один составной объект той же природы. Порядок действий при этом бывает следующий.

1. Объекты экспертизы располагаются в порядке их предпочтения (ранжирование). Место, занятое при такой расстановке в ранжированном ряду, называется рангом.

2. Наиболее важному, по мнению эксперта, объекту экспертизы приписывается наибольший ранг, всем остальным в порядке уменьшения их относительной значимости – ранги до 1.

3. Полученные результаты измерений нормируют, т.е. делят на общую сумму рангов. Полученные, таким образом, весовые коэффициенты принимают значения от 0 до 1, а их сумма становится равной 1.

Значения весовых коэффициентов в таком случае рассчитываются по формуле:

$$g_j = \frac{\sum_{i=1}^n G_{i,j}}{\sum_{j=1}^m \sum_{i=1}^n G_{i,j}} \quad (91)$$

где  $G_{i,j}$  – ранг  $j$ -го показателя, проставленный  $i$ -ым экспертом;

$n$  – количество экспертов;

$m$  – количество «взвешиваемых» показателей.

При обработке результатов экспертиз, полученных ранжированием необходимо выполнить следующие операции:

1) определить сумму рангов, проставленных всеми экспертами  $j$ -му объекту экспертизы (показателю);

2) определить сумму рангов всех объектов экспертизы (показателей), проставленных всеми экспертами;

3) определить весомость или весовой коэффициент  $j$ -го объекта экспертизы (показателя).

**Пример.** Мнения пяти экспертов о семи объектах экспертизы выражены следующим образом:

первый эксперт:  $Q_5 < Q_3 < Q_2 < Q_1 < Q_6 < Q_4 < Q_7$

второй эксперт:  $Q_5 < Q_3 < Q_2 < Q_6 < Q_4 < Q_1 < Q_7$

третий эксперт:  $Q_3 < Q_2 < Q_5 < Q_1 < Q_6 < Q_4 < Q_7$

четвертый эксперт:  $Q_5 < Q_3 < Q_2 < Q_1 < Q_4 < Q_6 < Q_7$

пятый эксперт:  $Q_5 < Q_3 < Q_1 < Q_2 < Q_6 < Q_4 < Q_7$

По сумме рангов каждого объекта экспертизы построить ранжированный ряд, являющийся результатом многократного измерения. Определить весомость членов ряда.

**Решение:**

1. Определим сумма рангов:

$$Q_1 = 4+6+4+4+3 = 21$$

$$Q_2 = 3+3+2+3+4 = 15$$

$$Q_3 = 2+2+1+2+2 = 9$$

$$Q_4 = 6+5+6+5+6 = 28$$

$$Q_5 = 1+1+3+1+1 = 7$$

$$Q_6 = 5+4+5+6+5 = 25$$

$$Q_7 = 7+7+7+7+7 = 35$$

Результаты определения результирующего ранга объектов ранжирования сведем в таблицу 24.

Результат многократного измерения имеет вид:

$$Q_5 < Q_3 < Q_2 < Q_1 < Q_6 < Q_4 < Q_7$$

Определение результирующего ранга объектов ранжирования

Объект ранжирования №	Эксперт №					Сумма рангов объектов	Результирующий ранг объекта
	1	2	3	4	5		
1	4	6	4	4	3	21	4
2	3	3	2	3	4	15	5
3	2	2	1	2	2	9	6
4	6	5	6	5	6	28	2
5	1	1	3	1	1	7	7
6	5	4	5	6	5	25	3
7	7	7	7	7	7	35	1

2. Коэффициенты весомости членов ряда определим по формуле (91):

$$g_1 = \frac{21}{140} = 0,15;$$

$$g_5 = \frac{7}{140} = 0,05$$

$$g_2 = \frac{15}{140} = 0,11;$$

$$g_6 = \frac{25}{140} = 0,18$$

$$g_3 = \frac{9}{140} = 0,06;$$

$$g_7 = \frac{35}{140} = 0,25$$

$$g_4 = \frac{28}{140} = 0,2$$

Сумма весовых коэффициентов  $\sum_{j=1}^7 g_j = 1$ , следовательно, расчет

произведен верно.

#### 4.1.2. Способ непосредственного оценивания

**Способ непосредственного оценивания (балльный)** представляет собой упорядочение исследуемых объектов (например, при составлен параметрической модели) в зависимости от их важности путем приписывания баллов каждому из них. Наиболее значимому объекту дается наибольшее количество баллов по принятой шкале, диапазон шкалы оценок обычно принимается от 0 до 1, до 5, до 10 или до 100. В простейшем случае оценка может равняться 0 или 1. Иногда оценива-

ние осуществляется в словесной форме, например «очень важный», «важный», «маловажный». Для большего удобства обработки результатов опроса такие оценки могут переводиться в балльную шкалу (например, соответственно 3, 2, 1).

Непосредственное оценивание следует применять при уверенности полной профессиональной информированности экспертов о свойствах исследуемых объектов. По результатам оценок определяются ранг и весомость (значимость) каждого исследуемого объекта.

По результатам оценок экспертов место любого объекта можно определить по формуле:

$$g_j = \frac{\sum_{i=1}^n G_{i,j}}{\sum_{j=1}^m \sum_{i=1}^n G_{i,j}} \quad (92)$$

где  $G_{i,j}$  – балл (ранг)  $j$ -го показателя, проставленный  $i$ -ым экспертом;

$n$  – количество экспертов;

$m$  – количество «взвешиваемых» показателей.

**Пример.** Способ непосредственного оценивания трех объектов по 10-балльной шкале приведен в таблице 25.

Таблица 25

Определение результатов непосредственного оценивания объектов

Объект оценивания №	Эксперт №							Сумма баллов объектов	Результирующий ранг объекта	Весомость объекта
	1	2	3	4	5	6	7			
1	7	6	5	6	4	7	8	43	2	0,36
2	9	1	8	7	5	8	1	57	1	0,47
3	4	1	2	4	3	5	2	21	3	0,17

Коэффициенты весомости объектов оценивания по формуле (92) равны

$$g_1 = \frac{43}{121} = 0,36$$

$$g_3 = \frac{21}{121} = 0,17$$

$$g_2 = \frac{57}{121} = 0,47$$

Сумма весовых коэффициентов  $\sum_{j=1}^7 g_j = 1$ , следовательно, расчет произведен верно.

#### 4.1.3. Способ попарного сопоставления

При попарном сопоставлении эксперт сравнивает исследуемые объекты по их важности попарно, устанавливая в каждой паре наиболее важный. Все возможные пары объектов эксперт представляет в виде записи каждой из комбинаций (объект 1 — объект 2, объект 2 — объект 3 и т. д.) или в форме матрицы.

При этом эксперт получает матрицу, 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 так, как это показано в таблице 26.

Таблица 26

Номер объектов экспертизы	1	2	3	4	5	6	7
1	X	1	2	1	1	1	1
2		X	3	2	2	2	2
3			X	3	3	3	3
4				X	5	6	4
5					X	6	7
6						X	6
7							X

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

$$g_j = \sum_{i=1}^n \frac{F_{ij}}{n} \quad (93)$$

где  $F_{ij}$  — частота предпочтения  $i$ -ым экспертом  $j$ -го объекта экспертизы, определяемая как:

$$F_{ij} = \frac{K_{ij}}{C} \quad (94)$$

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

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

$$C = \frac{m(m-1)}{2} \quad (95)$$

При обработке квалитметрической информации, полученной попарным сопоставлением, порядок действий будет выглядеть следующим образом:

1) определение числа предпочтения  $i$ -ым экспертом  $j$ -го объекта экспертизы  $K_{ij}$ ;

2) определение числа суждений одного эксперта  $C$ ;

3) определение частоты предпочтения  $i$ -ым экспертом  $j$ -го объекта экспертизы  $F_{ij}$ ;

4) определение частоты предпочтения всеми экспертами  $j$ -го объекта экспертизы  $\sum_{i=1}^n F_{ij}$ ;

5) определение весомости или весового коэффициента  $j$ -го объекта экспертизы, по мнению всех экспертов  $g_j$ .

**Пример.** Мнения четырех экспертов о шести объектах экспертизы выражены следующим образом, как это показано в таблицах 27-30. Определить весомость членов ряда и построить ранжированный ряд объектов экспертизы.

**Решение.**

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

$K_{1.1} = 5$	$K_{2.1} = 5$	$K_{3.1} = 4$	$K_{4.1} = 4$
$K_{1.2} = 2$	$K_{2.2} = 3$	$K_{3.2} = 2$	$K_{4.2} = 3$
$K_{1.3} = 4$	$K_{2.3} = 4$	$K_{3.3} = 5$	$K_{4.3} = 5$
$K_{1.4} = 1$	$K_{2.4} = 1$	$K_{3.4} = 1$	$K_{4.4} = 0$
$K_{1.5} = 1$	$K_{2.5} = 1$	$K_{3.5} = 1$	$K_{4.5} = 1$
$K_{1.6} = 2$	$K_{2.6} = 1$	$K_{3.6} = 2$	$K_{4.6} = 2$

Таблица 27

## Мнение первого эксперта

Номера объектов экспертизы	1	2	3	4	5	6
1	X	1	1	1	1	1
2		X	3	4	2	2
3			X	3	3	3
4				X	5	6
5					X	6
6						X

Таблица 28

## Мнение второго эксперта

Номера объектов экспертизы	1	2	3	4	5	6
1	X	1	1	1	1	1
2		X	3	2	2	2
3			X	3	3	3
4				X	5	4
5					X	6
6						X

Таблица 29

## Мнение третьего эксперта

Номера объектов экспертизы	1	2	3	4	5	6
1	X	1	3	1	1	1
2		X	3	4	2	2
3			X	3	3	3
4				X	5	6
5					X	6
6						X



Мнение четвертого эксперта

Номера объектов экспертизы	1	2	3	4	5	6
1	X	1	3	1	1	1
2		X	3	2	2	2
3			X	3	3	3
4				X	5	6
5					X	6
6						X

2. Общее число суждений одного эксперта определяем по формуле (95):

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

3. Частота предпочтения  $i$ -ым экспертом  $j$ -го объекта экспертизы  $F_{ij}$  определяется по формуле (94):

$$\begin{aligned}
 F_{1.1} &= \frac{5}{15}; & F_{2.1} &= \frac{5}{15}; & F_{3.1} &= \frac{4}{15}; & F_{4.1} &= \frac{4}{15}; \\
 F_{1.2} &= \frac{2}{15}; & F_{2.2} &= \frac{3}{15}; & F_{3.2} &= \frac{2}{15}; & F_{4.2} &= \frac{3}{15}; \\
 F_{1.3} &= \frac{4}{15}; & F_{2.3} &= \frac{4}{15}; & F_{3.3} &= \frac{5}{15}; & F_{4.3} &= \frac{5}{15}; \\
 F_{1.4} &= \frac{1}{15}; & F_{2.4} &= \frac{1}{15}; & F_{3.4} &= \frac{1}{15}; & F_{4.4} &= \frac{0}{15}; \\
 F_{1.5} &= \frac{1}{15}; & F_{2.5} &= \frac{1}{15}; & F_{3.5} &= \frac{1}{15}; & F_{4.5} &= \frac{1}{15}; \\
 F_{1.6} &= \frac{2}{15}; & F_{2.6} &= \frac{1}{15}; & F_{3.6} &= \frac{2}{15}; & F_{4.6} &= \frac{2}{15}.
 \end{aligned}$$

4. Весовой коэффициент  $j$ -го объекта экспертизы, по общему мнению всех экспертов по формуле (93) равен

$$g_1 = \frac{1}{4} \left( \frac{5}{15} + \frac{5}{15} + \frac{4}{15} + \frac{4}{15} \right) = \frac{9}{30}; \quad g_4 = \frac{1}{4} \left( \frac{1}{15} + \frac{1}{15} + \frac{1}{15} + \frac{0}{15} \right) = \frac{3}{60}$$

$$g_2 = \frac{1}{4} \left( \frac{2}{15} + \frac{3}{15} + \frac{2}{15} + \frac{3}{15} \right) = \frac{5}{30}; \quad g_5 = \frac{1}{4} \left( \frac{1}{15} + \frac{1}{15} + \frac{1}{15} + \frac{1}{15} \right) = \frac{2}{30}$$

$$g_3 = \frac{1}{4} \left( \frac{4}{15} + \frac{4}{15} + \frac{5}{15} + \frac{5}{15} \right) = \frac{9}{30}; \quad g_6 = \frac{1}{4} \left( \frac{2}{15} + \frac{1}{15} + \frac{2}{15} + \frac{2}{15} \right) = \frac{7}{60}$$

5. Сумма рангов

$$\sum_{j=1}^m g_j = \frac{9}{30} + \frac{5}{30} + \frac{9}{30} + \frac{3}{60} + \frac{2}{30} + \frac{7}{60} = 1$$

6. Ранжированный ряд объектов экспертизы имеет вид: №1 (18); №3 (18); №2 (10); №6 (7); №5 (4); №4 (3). Объекты №1 и №3 равноценны.

#### ***4.1.4. Способ двойного попарного сопоставления***

Опыт попарного сопоставления показывает, что в силу особенностей человеческой психики эксперты иногда бессознательно отдают предпочтение не тому объекту экспертизы, который важнее, а тому, который стоит в рассматриваемой паре первым. Чтобы избежать этого проводят двойное или полное попарное сопоставление. Для этого используют свободную часть (нижнюю) таблицы 3 и проводят попарное сопоставление дважды. Например, проводят сопоставление первого объекта со вторым, третьим, четвертым и т.д, затем второго с первым, третьим, четвертым, ... и так до последнего, а потом в обратном порядке: последнего с предпоследним, ... и до первого; предпоследнего с последним, предыдущим, ... и вновь до первого. Таким образом, каждая пара объектов сопоставляется дважды, причем в разном порядке и по истечении некоторого времени. При таком сопоставлении иногда удастся избежать случайных ошибок, кроме того выявить экспертов, небрежно относящихся к своим обязанностям или не имеющих определенной точки зрения. Иначе говоря, двойное попарное сопоставление обладает более высокой надежностью, чем однократное. Порядок расчетов остается прежним, за исключением

$$C = m(m-1) \quad (96)$$

При обработке результатов экспертиз, полученных двойным попарным сопоставлением, выполняются те же операции, что при попарном сопоставлении, за исключением того, что число суждений одного эксперта определяется по формуле (96).

**Пример.** Результаты двойного попарного сопоставления четырьмя экспертами четырех объектов экспертизы представлены в таблице 31.

Таблица 31

Номера объектов экспертизы	1	2	3	4
<b>1-й эксперт</b>				
1	X	1	1	1
2	1	X	3	4
3	1	2	X	3
4	1	2	3	X
<b>2-й эксперт</b>				
Номера объектов экспертизы	1	2	3	4
1	X	2	1	1
2	1	X	3	4
3	1	2	X	3
4	1	2	3	X
<b>3-й эксперт</b>				
Номера объектов экспертизы	1	2	3	4
1	X	1	1	1
2	1	X	3	3
3	1	2	X	3
4	1	2	3	X
<b>4-й эксперт</b>				
Номера объектов экспертизы	1	2	3	4
1	X	1	1	1
2	1	X	3	3
3	1	2	X	3
4	1	2	3	X

**Решение.**

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

$$\begin{array}{cccc} K_{1,1} = 6 & K_{2,1} = 5 & K_{3,1} = 6 & K_{4,1} = 6 \\ K_{1,2} = 2 & K_{2,2} = 3 & K_{3,2} = 2 & K_{4,2} = 2 \\ K_{1,3} = 3 & K_{2,3} = 3 & K_{3,3} = 4 & K_{4,3} = 4 \\ K_{1,4} = 1 & K_{2,4} = 1 & K_{3,4} = 0 & K_{4,4} = 0 \end{array}$$

2. Общее число суждений одного эксперта определяем по формуле (96):

$$C = 4(4 - 1) = 12$$

3. Частота предпочтения  $i$ -ым экспертом  $j$ -го объекта экспертизы  $F_{ij}$  определяется по формуле (94):

$$\begin{array}{cccc} F_{1,1} = 6/12 & F_{2,1} = 5/12 & F_{3,1} = 6/12 & F_{4,1} = 6/12 \\ F_{1,2} = 2/12 & F_{2,2} = 3/12 & F_{3,2} = 2/12 & F_{4,2} = 2/12 \\ F_{1,3} = 3/12 & F_{2,3} = 3/12 & F_{3,3} = 4/12 & F_{4,3} = 4/12 \\ F_{1,4} = 1/12 & F_{2,4} = 1/12 & F_{3,4} = 0 & F_{4,4} = 0 \end{array}$$

4. Весовой коэффициент  $j$ -го объекта экспертизы, по общему мнению всех экспертов рассчитываем по формуле (93):

$$g_1 = \frac{1}{4} \left( \frac{6}{12} + \frac{5}{12} + \frac{6}{12} + \frac{6}{12} \right) = 0,479$$

$$g_2 = \frac{1}{4} \left( \frac{2}{12} + \frac{3}{12} + \frac{2}{12} + \frac{2}{12} \right) = 0,188$$

$$g_3 = \frac{1}{4} \left( \frac{3}{12} + \frac{3}{12} + \frac{4}{12} + \frac{4}{12} \right) = 0,292$$

$$g_4 = \frac{1}{4} \left( \frac{1}{12} + \frac{1}{12} \right) = 0,041$$

6. Ранжированный ряд объектов экспертизы имеет вид: №1; №3; №2 №4.

**4.1.5. Способ последовательных сопоставлений**

Сущность способа последовательных сопоставлений состоит в следующем. Эксперты располагают все показатели качества в порядке их весомости (как при методе предпочтений). Предварительно показателям качества присваиваются балльные оценки их весомости от 1 до 0,

т. е.  $0 \leq g_i \leq 1$ . Весомость самого важного показателя оценивается как 1, всем остальным показателям в порядке уменьшения их значимости присваиваются оценки от 1 до 0.

При определении экспертом весомости наиболее важного показателя должно соблюдаться условие  $g_1 > \sum_{i=2}^n g_i$ ; если оно не соблюдается, эксперт увеличивает  $g_1$ , до величины, удовлетворяющей этому условию.

Весомость второго, третьего и т. д. и предпоследнего ( $n - 1$ ) определяется аналогично весомости первого показателя  $g_2 > \sum_{i=3}^n g_i$  и т.д.

Обработка и определение параметров весомостей по данным всех экспертов, участвующих в работе, может производиться по формуле метода оценивания.

Однако независимо от методов определения должно соблюдаться следующее: *параметр весомости наиболее важного показателя качества имеет наибольшее значение; показатели качества одинаковой важности имеют равные величины параметров весомости; свойство продукции, роль которого в удовлетворении потребностей крайне мала, имеет наименьшее значение параметров весомости.*

В связи с существенным влиянием параметров весомости на результаты оценки или возможности их определение следует проводить одновременно несколькими методами. Сравнение полученных таким образом результатов позволит увеличить объективность выводов.

Метод последовательного сопоставления для экспертов наиболее трудоемок, особенно это ощущается при количестве, превышающем шесть-семь исследуемых объектов.

#### **4.2. Способы уточнения весовых коэффициентов**

Уточнить результаты измерений или значения весовых коэффициентов, полученных *парным сопоставлением*, можно методом последовательного приближения. Первоначальные результаты рассматриваются в этом случае как первое приближение. Во втором приближении

они используются как весовые коэффициенты  $G_j(2)$  суждений экспертов. Полученные с учетом этих весовых коэффициентов новые результаты в третьем приближении рассматриваются опять как весовые коэффициенты  $G_j(3)$  тех же мнений экспертов и т.д. Согласно теореме Перрона-Фробениуса, при определенных условиях, которые на практике выполняются, этот процесс сходится, т.е. нормированные результаты измерений  $g_j$  или весовые коэффициенты стремятся к некоторым постоянным значениям строго отражающим соотношения между объектами экспертизы при установленных экспертами исходных данных.

#### ***4.2.1. Первый способ уточнения весовых коэффициентов методом последовательного приближения***

Первый способ уточнения весовых коэффициентов основан в определении весовых коэффициентов в  $(\omega)$  приближении как среднее арифметическое взвешенное.

В случае обозначении предпочтений эксперта через  $K_{ji}$ , первоначальные результаты  $G_j(1)$  будут определяться формулой:

$$G_j(1) = \sum_{i=1}^m K_{ji} \quad (97)$$

где  $K_{ji}$  – число предпочтений  $j$ -го объекта одним экспертом;

$G_j(1)$  – результат измерения  $j$ -го объекта в первом приближении.

А результаты измерения в  $(\omega)$  приближении будут равны:

$$G_j(\omega) = G_1(\omega-1) \cdot K_{j1} + G_2(\omega-1) \cdot K_{j2} + \dots + G_m(\omega-1) \cdot K_{j\omega} \quad (98)$$

где  $G_j(\omega-1)$  – результат измерения  $j$ -го объекта в  $(\omega)$  приближении.

Очевидно, что значения весовых коэффициентов в  $\omega$  приближении, определяемые как

$$g_j(\omega) = \frac{G_j(\omega)}{\sum_{j=1}^m G_j(\omega)} \quad (99)$$

будут значительно отличаться от значения весовых коэффициентов в 1-ом приближении.

В ходе уточнения все более подчеркивается предпочтительность одного и низкая значимость другого показателя. Процесс уточнения значений продолжается до тех пор, пока точность не достигнет заданной, т.е. пока не выполнится условие:

$$|g_j(\omega) - g_j(\omega - 1)| \leq \varepsilon, \quad (100)$$

где  $\varepsilon$  – заданная точность вычислений.

**Пример 1.** Результаты полного попарного сопоставления четырьмя экспертами четырех объектов экспертизы представлены в таблице 31. Уточнить значения коэффициентов весомости первым способом метода последовательного приближения.

**Решение.**

Результаты расчета будем сводить в таблицу 32.

Таблица 32

Номера объектов экспертизы	$G_j(1)$	$g_j(1)$	$G_j(2)$	$g_j(2)$	$G_j(3)$	$g_j(3)$
1	23	0,479	279	0,484	3351	0,485
2	9	0,188	105	0,182	1257	0,181
3	14	0,292	160	0,278	1920	0,278
4	2	0,041	32	0,056	384	0,056
$\Sigma$	48	1,00	576	1,00	6912	1,00

1. По формуле (97) в первом приближении результат измерения:

$$G_1(1) = 6 + 5 + 6 + 6 = 23$$

$$G_2(1) = 2 + 3 + 2 + 2 = 9$$

$$G_3(1) = 3 + 3 + 4 + 4 = 14$$

$$G_4(1) = 1 + 1 + 0 + 0 = 2$$

2. Результаты расчета по формуле (99) значения коэффициентов весомости в первом приближении  $g_j(1)$ , представлены в таблице 32

3. По формуле (98) во втором приближении результат измерения:

$$G_1(2) = 6 \cdot 23 + 5 \cdot 9 + 6 \cdot 14 + 6 \cdot 2 = 279$$

$$G_2(2) = 2 \cdot 23 + 3 \cdot 9 + 2 \cdot 14 + 2 \cdot 2 = 105$$

$$G_3(2) = 3 \cdot 23 + 3 \cdot 9 + 4 \cdot 14 + 4 \cdot 2 = 160$$

$$G_4(2) = 1 \cdot 23 + 1 \cdot 9 + 0 \cdot 14 + 0 \cdot 2 = 32$$

4. Результаты расчета по формуле (99) значения коэффициентов весоности во втором приближении  $g_j(2)$ , представлены в таблице 32

5. По формуле (98) в третьем приближении результат измерения:

$$G_1(3) = 6 \cdot 279 + 5 \cdot 105 + 6 \cdot 160 + 6 \cdot 32 = 3351$$

$$G_2(3) = 2 \cdot 279 + 3 \cdot 105 + 2 \cdot 160 + 2 \cdot 32 = 1257$$

$$G_3(3) = 3 \cdot 279 + 3 \cdot 105 + 4 \cdot 160 + 4 \cdot 32 = 1920$$

$$G_4(3) = 1 \cdot 279 + 1 \cdot 105 + 0 \cdot 160 + 0 \cdot 32 = 384$$

6. Результаты расчета по формуле (99) значения коэффициентов весоности в третьем приближении  $g_j(3)$ , представлены в таблице 32

7. Значения,  $g_j$  приведенные в таблице 32, заметно отличаются в первом и третьем приближении. В ходе уточнения все более подчеркивается предпочтительность первого объекта экспертизы и низкая значимость четвертого.

8. Отличие весовых коэффициентов в первом и третьем приближении согласно неравенству (100):

$$|g_1(3) - g_1(1)| = |0,485 - 0,479| = 0,006$$

$$|g_2(3) - g_2(1)| = |0,181 - 0,188| = 0,007$$

$$|g_3(3) - g_3(1)| = |0,278 - 0,292| = 0,014$$

$$|g_4(3) - g_4(1)| = |0,056 - 0,041| = 0,015$$

6. Поскольку выполняется неравенство (100), следовательно, уточненные весовые коэффициенты составят:

$$g_1 = 0,485 \quad g_2 = 0,181 \quad g_3 = 0,278 \quad g_4 = 0,056.$$

Уточнять весовые коэффициенты можно и другими способами, различие их состоит в определении результата измерения в ( $\omega$ ) приближении с использованием различных средних взвешенных.

#### **4.2.2. Второй способ уточнения весовых коэффициентов методом последовательного приближения**

Второй способ уточнения весовых коэффициентов отличается от первого тем, что результат измерения в ( $\omega$ ) приближении определяется



как среднее квадратическое взвешенное.

В этом случае, результат измерения в приближении будет определяться по формуле (101):

$$G_j(\omega) = \sqrt{G_1(\omega-1)^2 \cdot K_{j1} + G_2(\omega-1)^2 \cdot K_{j2} + \dots + G_m(\omega-1)^2 \cdot K_{jm}} \quad (101)$$

где  $K_{ji}$  – число предпочтений  $j$ -го объекта одним экспертом;

$G_j(\omega-1)$  – результат измерения  $j$ -го объекта в  $(\omega)$  приближении.

#### 4.2.3. Третий способ уточнения весовых коэффициентов методом последовательного приближения

В третьем способе уточнения весовых коэффициентов результат измерения в  $(\omega)$  приближении определяется как среднее гармоническое взвешенное:

$$G_j(\omega) = \frac{1}{\frac{K_{j1}}{G_1(\omega-1)} + \frac{K_{j2}}{G_2(\omega-1)} + \dots + \frac{K_{jm}}{G_m(\omega-1)}} \quad (102)$$

**Пример 2.** По данным примера 1 определить результат измерения и значения весовых коэффициентов в третьем приближении вторым способом уточнения весовых коэффициентов.

**Решение.**

Результаты расчетов сведем в таблицу 33.

Таблица 33

Номера объектов экспертизы	$G_j(1)$	$g_j(1)$	$G_j(2)$	$g_j(2)$	$G_j(3)$	$g_j(3)$
1	23	0,479	69,13	0,371	237,94	0,369
2	9	0,188	41,24	0,221	145,39	0,226
3	14	0,292	51,28	0,275	179,99	0,280
4	2	0,041	24,70	0,133	80,5	0,125
$\Sigma$	48	1,00	186,35	1,00	643,82	1,00

1. По формуле (97) в первом приближении результат измерения:

$$G_1(1) = 6 + 5 + 6 + 6 = 23$$

$$G_2(1) = 2 + 3 + 2 + 2 = 9$$

$$G_3(1) = 3 + 3 + 4 + 4 = 14$$

$$G_4(1) = 1 + 1 + 0 + 0 = 2$$

2. Результаты расчета по формуле (99) значения коэффициентов весомости в первом приближении  $g_j(1)$ , представлены в таблице 33.

3. По формуле (101) во втором приближении результат измерения:

$$G_1(2) = \sqrt{23^2 \cdot 6 + 9^2 \cdot 5 + 14^2 \cdot 6 + 2^2 \cdot 6} = 69,13$$

$$G_2(2) = \sqrt{23^2 \cdot 2 + 9^2 \cdot 3 + 14^2 \cdot 2 + 2^2 \cdot 2} = 41,24$$

$$G_3(2) = \sqrt{23^2 \cdot 3 + 9^2 \cdot 3 + 14^2 \cdot 4 + 2^2 \cdot 4} = 51,28$$

$$G_4(2) = \sqrt{23^2 \cdot 1 + 9^2 \cdot 1} = 24,70$$

4. Результаты расчета по формуле (99) значения коэффициентов весомости во втором приближении  $g_j(2)$ , представлены в таблице 33.

5. По формуле (101) в третьем приближении результат измерения:

$$G_1(3) = \sqrt{69,13^2 \cdot 6 + 41,24^2 \cdot 5 + 51,28^2 \cdot 6 + 24,70^2 \cdot 6} = 237,94$$

$$G_2(3) = \sqrt{69,13^2 \cdot 2 + 41,24^2 \cdot 3 + 51,28^2 \cdot 2 + 24,70^2 \cdot 2} = 145,39$$

$$G_3(3) = \sqrt{69,13^2 \cdot 3 + 41,24^2 \cdot 3 + 51,28^2 \cdot 4 + 24,70^2 \cdot 4} = 179,99$$

$$G_4(3) = \sqrt{69,13^2 \cdot 1 + 41,24^2 \cdot 1} = 80,5$$

6. Результаты расчета по формуле (99) значения коэффициентов весомости в третьем приближении  $g_j(3)$ , представлены в таблице 33.

7. Значения  $g_j$ , рассчитанные первым способом последовательного приближения (см. табл. 32) отличаются от значений, определенных вторым способом последовательного приближения (см. табл. 33).

Возникает вопрос, каким способом можно быстрее добиться заданной точности? На этот вопрос можно ответить, определив  $|g_j(\omega) - g_j(\omega - 1)|$  при первом и втором способах.

Уточнение результатов экспертиз, полученных *ранжированием*, также можно производить методом последовательного приближения. В этом случае в качестве первого приближения  $G_j(1)$  будет приниматься

сумма рангов  $j$ -го показателя:

$$G_j(1) = \sum_{i=1}^n G_{ij} \quad (105)$$

где  $n$  – количество экспертов;

$G_{ij}$  – ранг, поставленный  $j$ -му показателю  $i$ -ым экспертом.

Дальнейшие действия будут производиться также как, при уточнении весовых коэффициентов, полученных попарным сопоставлением. Уточнение весовых коэффициентов, полученных ранжированием, методом последовательного приближения не всегда приемлем, т.к. в этом случае приходится работать с большими числами.

Результат измерения в  $(\omega)$  приближении можно определить как среднее геометрическое взвешенное, но в этом случае также приходится работать с большими числами, и процесс уточнения становится очень трудоемким.

### 4.3. Оценка согласованности экспертных данных

При использовании рассмотренных экспертных методов мнения экспертов часто не совпадают, поэтому необходимо количественно оценивать меру согласованности мнений экспертов и определять причины несоответствия суждений. Мера согласованности, естественно определяется на основе статистических данных всей группы экспертов. Для оценки меры согласованности мнений экспертов используют, как правило, коэффициент конкордации или коэффициент вариации.

#### 4.3.1. Оценка согласованности экспертных данных по коэффициенту конкордации

Согласованность мнений экспертов определяется по общему показателю качества – *коэффициенту конкордации*

$$W = \frac{12S}{n^2(m^3 - m)} \quad (106)$$

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

$n$  – число экспертов;

$m$  – число объектов экспертизы.

В зависимости от степени согласованности мнений экспертов коэффициент конкордации может принимать значения от единицы (при полном единодушии) до нуля (при отсутствии согласованности).

Формулой (106) можно воспользоваться и в том случае, если степень согласованности определяется по результатам попарного сопоставления, только в этом случае параметр  $S$  – сумма квадратов отклонений суммы предпочтений каждого объекта экспертизы от среднего арифметического предпочтения;  $n$  – число экспертов;  $m$  – число объектов экспертизы.

В случае попарного сопоставления сумма предпочтений каждого объекта экспертизы равен:

$$\sum_{i=1}^n K_{ij} \quad (107)$$

Среднее арифметическое предпочтение определяется как

$$\frac{1}{m} \sum_{j=1}^m \sum_{i=1}^n K_{ij} \quad (108)$$

Как и в случае определения результатов экспертиз ранжированием сумма квадратов отклонений суммы предпочтений каждого объекта экспертизы от среднего арифметического предпочтения имеет вид:

$$S = \sum_{j=1}^m \left( \sum_{i=1}^n K_{ij} - \frac{1}{n} \sum_{j=1}^m \sum_{i=1}^n K_{ij} \right)^2 \quad (109)$$

При определении согласованности мнений экспертов по результатам двойного попарного сопоставления коэффициент конкордации будет определяться по формуле:

$$W = \frac{6S}{n^2(m^3 - m)} \quad (110)$$

Коэффициент конкордации может быть в диапазоне  $1 \geq W \geq 0$ . При  $W=0$  согласованность мнений экспертов отсутствует; а при  $W=1$  согласованность полная. Обычно считается, что согласованность вполне достаточна, если  $W \geq 0,5$ .

Рассчитанную величину коэффициента конкордации следует

взвешивать по критерию Пирсона ( $\chi^2$ ) с определенным уровнем значимости, т. е. максимальной вероятностью неправильного результата работы экспертов. Обычно задавать значимость достаточно в пределах  $0,005 \div 0,05$ .

В случае получения расчетной величины  $\chi_{расч}^2 > \chi_{табл}^2$  (с избранным уровнем значимости) мнения экспертов окончательно признаются согласованными.

Табличные величины  $\chi_{табл}^2$  зависят от принимаемого уровня значимости и числа степеней свободы ( $f$ ).

Расчетная величина  $\chi_{расч}^2$  определяется по формуле

$$\chi_{расч}^2 = W \times n \times (m - 1) \quad (111)$$

В случае определения несогласованности мнений экспертов по коэффициентам конкордации и соответствующей проверке его величины по критерию Пирсона экспертные опросы следует осуществить повторно.

Если согласованность мнений экспертов выше средней, то можно перейти к оценке качества объекта. При согласованности мнений ниже средней требуется дополнительный анализ. Причины низкой согласованности мнений экспертов могут быть субъективные и объективные. Субъективные: недостаточная информированность экспертов о показателе качества, коэффициент весомости которого определяется; нечеткое понимание поставленной задачи; арифметические ошибки экспертов и т.д. Объективные: приведенные показатели качества не однозначно сформулированы. Для выявления причины низкой согласованности экспертов проводится повторное определение коэффициентов весомости показателей качества с обсуждением и вновь определяется коэффициент конкордации. Если после повторной процедуры определения коэффициентов весомости степень согласованности мнений не улучшится, то можно применить один из следующих методов: обсуждение полученных значений коэффициентов весомости с обоснованием мнений экспертов; определение расхождения мнений отдельных экспертов (погрешности) от среднего арифметического и отстранение экспертов с большими расхождениями мнений от проведения экспертизы.

**Пример 1.** Необходимо установить степень согласованности мнений семи экспертов при определении результирующего ранга объектов ранжирования, представленных в таблице 24 (см. п.4.1.1).

**Решение.**

1. Составим вспомогательную таблицу 34.

Таблица 34

Объект ранжирования №	Эксперт					Сумма рангов объектов	Отклонение от среднего арифметического	Квадрат отклонений от среднего арифметического
	1	2	3	4	5			
1	4	6	4	4	3	21	-1	1
2	3	3	2	3	4	15	5	25
3	2	2	1	2	2	9	11	121
4	6	5	6	5	6	28	-8	64
5	1	1	3	1	1	7	13	169
6	5	4	5	6	5	25	-5	25
7	7	7	7	7	7	35	-15	225

2. Среднее арифметическое рангов по формуле (108) равно

$$\frac{21 + 15 + 9 + 28 + 7 + 25 + 35}{7} = 20$$

3. Используя результаты промежуточных вычислений, приведенные в таблице 33, по формуле (109) получаем:

$$S = 630$$

4. Коэффициент конкордации по формуле (106) равен

$$W = \frac{12 \cdot 630}{5^2(7^3 - 7)} = \frac{12 \cdot 630}{25(343 - 7)} = 0,9$$

Степень согласованности мнений экспертов считается удовлетворительной.

5. Взвешивание коэффициента конкордации по критерию Пирсона (111)

$$\chi_{расч}^2 = W \times n \times (m - 1) = 0,9 \cdot 5(7 - 1) = 27$$

При уровне значимости 0,005 табличная величина  $\chi_{табл}^2$  равна 18,5 (см. приложение К), т.е. мнения экспертов можно окончательно при-

знать согласованными с вероятностью 99,5%, т.к.  $\chi^2_{расч} > \chi^2_{табл}$ .

**Пример 2.** Необходимо установить степень согласованности мнений четырех экспертов при попарном сопоставлении шести объектов экспертизы, представленных в таблицах 27-30 (см. пример в п.4.1.3).

**Решение.**

1. Составим вспомогательную таблицу 35.

Таблица 35

Номер объекта экспертизы	Оценка экспер-				Сумма предпочтений	Отклонение от среднего арифметического	Квадрат отклонений от среднего арифметического
	1	2	3	4			
1	4	4	5	5	18	8	64
2	3	2	2	3	10	0	0
3	5	5	4	4	18	8	64
4	0	1	1	1	3	7	49
5	1	1	1	1	4	6	36
6	2	2	2	1	7	3	9

2. Среднее число предпочтений по формуле (108) равно:

$$\frac{18 + 10 + 18 + 3 + 4 + 7}{6} = 10$$

3. Используя результаты промежуточных вычислений, приведенных в таблице 34 по формуле (109) получаем  $S = 222$ .

4. Коэффициент конкордации по формуле (106) равен

$$W = \frac{12 \cdot 222}{4^2(6^3 - 6)} = \frac{12 \cdot 222}{16(216 - 6)} = 0,79$$

Так как  $W > 0,5$ , то степень согласованности мнений экспертов можно считать удовлетворительной.

5. Взвешивание коэффициента конкордации по критерию Пирсона (111)

$$\chi^2_{расч} = W \times n \times (m - 1) = 0,79 \cdot 4(6 - 1) = 15,8$$

При уровне значимости 0,005 табличная величина  $\chi^2_{табл}$  равна 15,09 (см. приложение К), т.е мнения экспертов можно окончательно

признать согласованными с вероятностью 90%, т.к.  $\chi^2_{расч} > \chi^2_{табл}$ .

#### 4.3.2. Оценка согласованности экспертных данных по коэффициенту вариации

Согласованность мнений экспертов о весомости каждого показателя качества можно оценить также с помощью *коэффициентов вариации*

$$V_i = \frac{\sqrt{\frac{\sum_{j=1}^n (g_{ij} - g_i)^2}{n-1}}}{g_i}. \quad (112)$$

Считается, что при  $V_i = 0,26 \div 0,35$  согласованность мнений экспертов в отношении весомости  $i$ -го показателя качества ниже средней;  $V_i = 0,16 \div 0,25$  — согласованность средняя;  $V_i = 0,11 \div 0,15$  согласованность выше средней;  $V_i = 0,1$  — согласованность мнений экспертов высокая.

При коэффициенте вариации  $V_i \leq 0,25$  мнения экспертов о весомости показателя качества считаются согласованными.

Наряду с рассмотренными методами определения параметров весомости показателей качества продукции могут применяться вероятностный, комбинированный и некоторые другие методы. Однако независимо от принятого метода во всех случаях должны соблюдаться следующие условия: 1) параметр весомости наиболее важного показателя качества имеет наибольшее значение; 2) показатели качества одинаковой важности имеют равные значения параметров весомости; 3) показатель того свойства продукции, роль которого в удовлетворении потребностей крайне мала, имеет наименьшее значение параметра весомости.

Использование экспертных методов показало, что чем больше привлекается экспертов, тем выше объективность результата оценки. Однако привлечение большого числа квалифицированных экспертов и высокая трудоемкость экспертных работ повышают стоимость проведения оценок качества, поэтому трудоемкость работ экспертов можно уменьшить, используя самый малотрудоемкий метод — метод рангов, который предусматривает только ранжирование показателей, а не их



численное определение экспертами. После операций ранжирования показателей технические работники (без экспертов) могут определить коэффициенты весомости по формуле, полученной на основе положений, принятых в теории информации.

В некоторых случаях коэффициенты весомости ряда отдельных и групповых показателей следует определять на основе социологического метода, комплектуя информацию на базе оценок реальных и потенциальных потребителей. Это особенно полезно осуществлять при оценке уровня качества изготовителями при принятии решений в период установления необходимого уровня качества, а также на всех последующих стадиях и этапах жизненного цикла продукции; следует учесть также потребности и возможности целевого рынка на конкретный промежуток времени.

#### **4.4. Способы назначения нормированных коэффициентов весомости**

Определение коэффициентов весомости показателей выполняют в следующем порядке:

1. Выбирают способ назначения балльных оценок весомости, способ выполнения контрольной операции, соответственно опрашивают экспертов и получают индивидуальные экспертные оценки. Иногда балльные оценки некоторых показателей целесообразно определить стоимостным или иным расчетным способом.

2. Проверяют индивидуальные оценки каждого эксперта на внутреннюю непротиворечивость, и в случае обнаружения противоречий проводят повторный опрос эксперта.

3. Проверяют согласованность индивидуальных оценок между собой и выявляют выпадающие индивидуальные оценки и отдельные внутренне согласованные группы оценок («еретиков» и «школы»).

4. Определяют обобщенные значения коэффициентов весомости.

5. Производят нормирование коэффициентов весомости частных и комплексных показателей в каждой их группе по всем уровням, исключают малозначимые показатели и производят перенормировку.

На этом построение дерева свойств закончено.

Способы выполнения п.п. 1-4 общей последовательности действий

рассмотрены ранее. Рассмотрим, как выполняется нормировка коэффициентов весомости.

#### 4.4.1 Нормирование коэффициентов весомости по уровням и ветвям дерева свойств

Итак, будем полагать, что нами уже получены обобщенные значения коэффициентов весомости  $g_{ijk}$  частных и комплексных показателей для дерева, приведенного на рисунке 7, где  $i$ - индекс уровня,  $j$ - индекс группы на этом уровне,  $k$ - индекс показателя внутри группы.

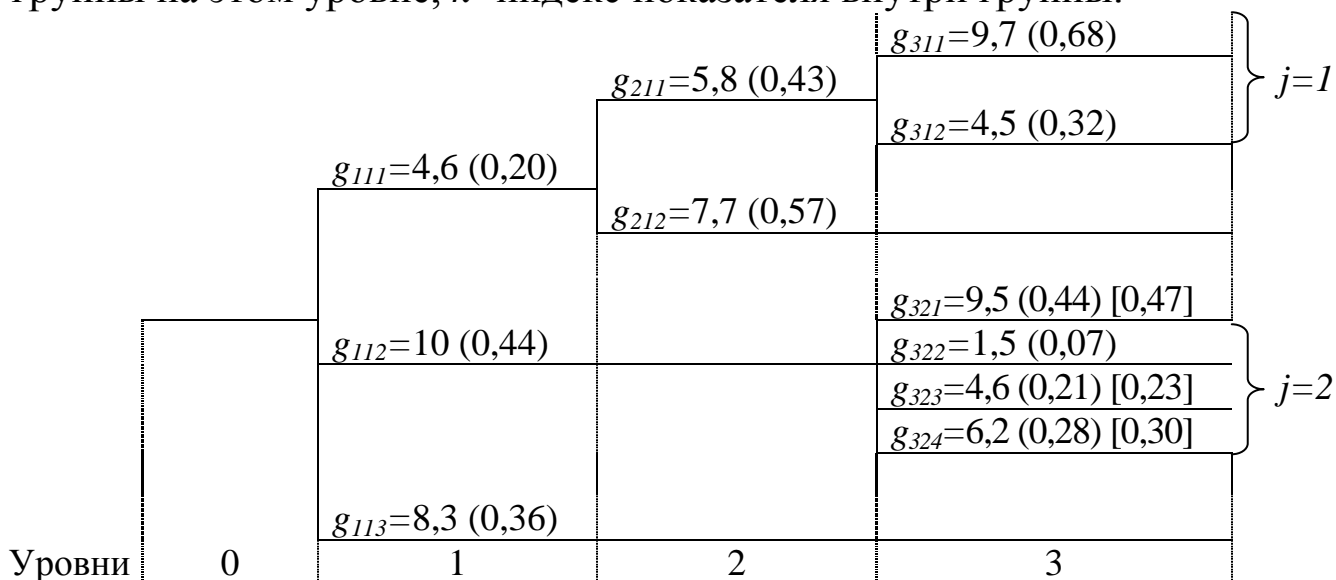


Рис. 7. Расположение и индексация коэффициентов весомости по уровням и ветвям дерева свойств

Обратим внимание на то, каким образом определен уровень, к которому отнесен тот или иной показатель. Номер его уровня определяется местом его соединения в одну группу с хотя бы одним другим показателем. То есть, если показатель объединен в одну группу с другими на границе 0 и 1-го уровней, то он относится к 1-му уровню, независимо от того, как далеко простирается ветвь, соответствующая этому показателю; если на границе 1-го и 2-го уровней, то он относится ко 2-му уровню и т.д.

Нормирование коэффициентов весомости на каждом  $i$ -ом уровне «дерева свойств» выполняют путем деления значения коэффициента весомости соответствующего ветви рассматриваемого уровня на сумму коэффициентов весомости всего уровня:

$$g_{i,n} = \frac{g_i}{\sum g_i} \quad (113)$$

Следует помнить, что сумма нормированных коэффициентов весо-  
мости на каждом уровне должна быть равна 1, т.е.  $\sum g_{i,n} = 1$ .

На рисунке 7 нормированные значения коэффициентов весо-  
мости приведены в круглых скобках.

Теперь обратим внимание на то, что  $g_{322} < 0,1$ . Поэтому исключа-  
ем этот показатель из группы  $j = 2$  и производим перенормировку, учи-  
тывая лишь оценки весо-мости оставшихся показателей. Соответствующие  
значения  $g_{ijk}$  приведены в квадратных скобках. Поскольку теперь  
все  $g_{ijk} > 0,1$ , то определение нормированных коэффициентов весо-  
мости закончено.

Проиллюстрируем принципы выполнения основных требований к  
балльным оценкам на примере наиболее часто применяемого в квали-  
метрии способа.

*Расчет комплексной оценки качества с использованием дерева  
свойств.*

Основной алгоритм расчета комплексной оценки качества в ква-  
лиметрии базируется на использовании «дерева свойств» (рис. 8).



Рис. 8. Схематичное изображение «дерева свойств» для  
иллюстрации способа расчета комплексной оценки качества

При этом балльные оценки  $\delta_{jk}$ , назначенные оцениваемому объекту по показателю  $ijk$ , умножают на коэффициенты весомости показателя  $g$ ; полученные комплексные оценки – на коэффициенты весомости группы и т.д. до получения комплексной оценки качества объекта в целом.

Для «дерева» на рисунке 8 комплексную оценку качества рассчитывают по формуле:

$$W_0 = g_{111}(g_{211} \cdot \delta_{11} + g_{121} \cdot \delta_{12} + g_{213} \cdot \delta_{13}) + g_{112}(g_{221} \cdot \delta_{21} + g_{222} \cdot \delta_{22}) \quad (114)$$

Для **примера** рассмотрим дерево следующего вида (рис. 9).

Оценки весомостей показателей				Балльные оценки объекта	
$g_{111}$	1		$g_{311}$ 10,0 (0,37)	4	
			$g_{312}$ 8,0 (0,30)	1	
			$g_{313}$ 5,5 (0,20)	2,5	
			$g_{314}$ 3,5 (0,13)	3	
		$g_{212}$ 6,0 (0,37)	3,5		
1-й	2-й	3-й	Уровни дерева свойств		

Рис. 9. Иллюстрация, к примеру, расчета комплексной оценки качества с использованием дерева свойств

Здесь над каждой ветвью — обозначение оценки весомости с трехзначным индексом  $g_{ijk}$ , далее — абсолютные и нормированные (в скобках) оценки весомости показателей. Допустим, что имеется некоторый оцениваемый объект, балльные оценки которого по данным показателям приведены справа. Тогда комплексная оценка качества объекта (измеряемая в той же шкале, что и балльные оценки) будет найдена по формуле:

$$W_0 = g_{111}(g_{211}(g_{311} \cdot \delta_{11} + g_{312} \cdot \delta_{12} + g_{313} \cdot \delta_{13} + g_{314} \cdot \delta_{14}) + g_{212} \cdot \delta_{21}) \quad (115)$$

И тогда

$$W_0 = 1(0,63(0,37 \cdot 4 + 0,30 \cdot 1 + 0,20 \cdot 2,5 + 0,13 \cdot 3) + 0,37 \cdot 3,5) = 2,98$$

Таким образом, комплексная оценка качества объекта равна 2,98.

#### 4.4.2. Способ вспомогательной процентной шкалы

Вспомогательная шкала, предназначенная для назначения коэффициентов весомости частных показателей, представляет собой совокупность качественных (словесных) описаний, которые в обобщенной фор-

ме характеризуют значимость показателя с точки зрения его влияния на качество оцениваемого объекта. Вспомогательную шкалу, в этом варианте ее применения, строят обычно в несимметричной форме и значимость показателей выражают в процентах, принимая за 100 % важность всех показателей оцениваемой группы вместе. Способ удобно применять, начиная с первых уровней дерева.

**Пример.** Возьмем дерево «Структура отказов электроцентробежного насоса». Пусть общее число отказов электроцентробежного насоса (ЭЦН) – 100 %. Тогда вклад отдельных деталей в это число будет таким, как указано на рисунке 10.

ЭЦН 100%	Корпус 10%	Головка 10%
		Основание 19%
	Остальные детали 32%	Вал 23%
		Шлицевая муфта 8%
		Шпонка 10%
		Узел пяты 20%
		Направляющий аппарат 40%
	Рабочие органы 45%	Втулка защитная вала 30%
		Рабочее колесо 30%
	Подшипниковые узлы 23%	Втулка подшипника 40%
		Концевая радиальная опора 30%
		Промежуточная опора 30%

Рис. 10. Дерево «Структура отказов элестроцентробежного насоса»

Контрольную операцию можно организовать следующим образом. Перемножим назначенные экспертом коэффициенты весомости показателей двух соседних уровней, так, чтобы получить их сопоставимые оценки. Например,

Рабочие органы		Подшипниковые узлы	
$X_1$ Направляющий аппарат	$45 \times 40 = 1800$	$Y_1$ Втулка подшипника	$23 \times 40 = 920$
$X_2$ Втулка защитная вала	$45 \times 30 = 1350$	$Y_2$ Концевая радиальная опора	$23 \times 30 = 690$
$X_3$ Рабочее колесо	$45 \times 30 = 1350$	$Y_3$ Промежуточная опора	$23 \times 30 = 690$

Теперь следует предложить эксперту сопоставить в процентах значимость каждой пары показателей, взятых из разных групп. Пусть эксперт назначает контрольные оценки  $p(x)$  % и  $p(y)$  %. Если соотношение основных оценок  $p(x)_i$  % /  $p(y)_i$  % отличается от  $p(x) / p(y)$  не более, чем на 0,1, то их считают согласованными, если же различие больше, то эксперта просят пересмотреть свои исходные оценки.

Например:

Сопоставляемые показатели	Соотношение весомостей		Расхождение	Выводы о согласованности
	по основным оценкам	по контрольным оценкам		
$X_1Y_1$	$\frac{1800}{920} = 1,96$	$\frac{65}{35} = 1,86$	$ 1,96 - 1,86  = 0,1$	согласовано
$X_1Y_2$	$\frac{1800}{690} = 2,61$	$\frac{72}{28} = 2,57$	$ 2,61 - 2,57  = 0,03$	согласовано
...				
$X_3Y_3$	...	...		...

Когда все оценки оказываются согласованными, переходят к проверке межэкспертной согласованности. При этом удобно сравнивать оценки экспертов, начиная, как и при назначении их, с первых уровней дерева. Сравнение происходит по каждому показателю, т.е. по каждой ветви дерева, отдельно. Вначале выбирают уровень согласованности в зависимости от ответственности задачи:  $\pm 5$  % для более ответственных задач,  $\pm 10$  % для менее ответственных. Если оценки экспертов укладываются в соответствующий интервал, то их считают согласованными и вычисляют окончательные средние значения. В противном случае проводят процедуры согласования.

#### 4.4.3. Способ эталонного ряда

Все методы квалиметрии, рассмотренные в настоящем пособии, обеспечивают возможность количественного оценивания качества продукции только в отношении независимой оценки отдельных свойств. Но сочетание проявления этих свойств в одном изделии, гармоничность их совместного проявления, является самостоятельным потребитель-

ским свойством, которое не может быть оценено только по данным о проявлении каждого отдельного свойства, т.е. до создания оцениваемого изделия, или, хотя бы, его модели.

Именно поэтому при разработке нового технического объекта, после получения им достаточно высокой комплексной оценки качества по единичным показателям, определяют «целостную» оценку. Для ее определения используют способ эталонного (или «базового») ряда. Если полученная целостная оценка оказывается недостаточно высокой, конструкция изделия должна быть пересмотрена.

Эталонный ряд представляет собой разновидность шкалы порядка с присвоенными градациям балльными оценками. Отличие состоит в том, что обычно порядковая шкала содержит ряд градаций одного показателя, а эталонный ряд составляют из объектов, обладающих многими показателями, и этот ряд воплощает представления экспертной группы о нарастании уровня гармоничности сочетания значений этих показателей и о тенденции развития технических требований и эстетических взглядов общества.

Для построения эталонного ряда отбирают 4-5 лучших отечественных и зарубежных образцов изделий, аналогичных оцениваемому, например, электродвигателей определенного назначения. Путем проведения ряда итеративных процедур согласования члены экспертной группы располагают эти образцы в ряд по нарастанию технического и эстетического качества. При этом образцу с наименьшим качеством присваивают 0 баллов, а образцу наивысшего качества – 4 балла. Другим образцам присваивают промежуточные значения числа баллов – от 0 до 4-х (рис. 11)

Далее каждый эксперт независимо находит место нового образца, подлежащего оцениванию, в эталонном ряду и присваивает этому образцу соответствующее количество баллов. Количество баллов может быть и более 4-х, если новое изделие, по суждению эксперта, превосходит по техническому качеству и совершенству форм все предшествующие образцы.

Полученная таким способом оценка называется «целостной», поскольку для ее получения эксперты не проводили анализ отдельных показателей, характеризующих качество изделия, но основывались на це-

лостном впечатлении.

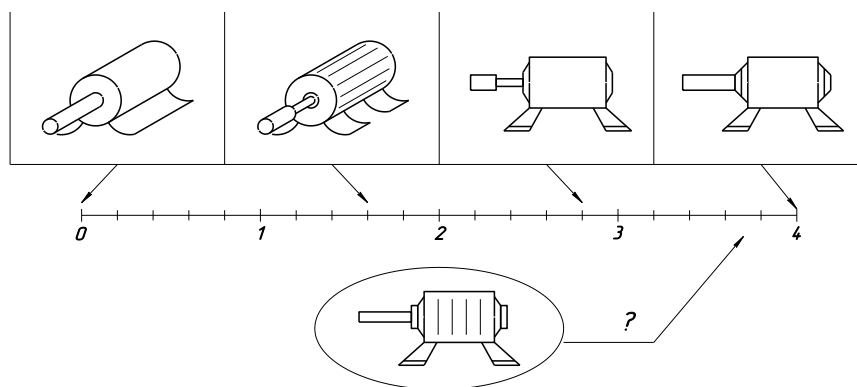


Рис. 11. Иллюстрация принципа построения и использования эталонного ряда

Если целостная оценка превосходит высшую оценку изделий, составляющих ценностный ряд, и при этом комплексная оценка также достаточно высока, то новое изделие, по-видимому, окажется конкурентоспособным и его следует принять к серийному выпуску.

Метод эталонного ряда рационально применять при экспертной оценке качества объектов на этапе проектных решений, причем в эталонном ряду также целесообразно использовать перспективные образцы лучших мировых фирм.

### Задания для самостоятельного выполнения

**Задание 1.** На основании мнений экспертов способом ранжирования определить весомость членов ряда.

Исходные данные для выполнения задания приведены для каждого варианта.

#### Вариант 1

Объект ранжирования	Эксперт				
	1	2	3	4	5
1	4	5	4	4	4
2	3	2	3	3	3
3	2	3	2	1	2
4	6	6	6	5	6
5	1	1	1	2	1
6	5	4	5	6	5



**Вариант 2**

Объект ранжирования	Эксперт				
	1	2	3	4	5
1	1	2	3	4	3
2	2	1	2	6	2
3	3	3	1	3	4
4	4	5	5	1	1
5	5	4	4	2	5
6	6	6	6	5	6

**Вариант 3**

Объект ранжирования	Эксперт				
	1	2	3	4	5
1	1	5	6	4	5
2	5	2	3	3	6
3	2	3	1	1	4
4	4	6	5	5	3
5	3	1	4	2	2
6	6	4	2	6	1

**Вариант 4**

Объект ранжирования	Эксперт				
	1	2	3	4	5
1	4	4	6	4	4
2	3	6	4	3	3
3	2	1	3	1	2
4	6	2	1	5	6
5	1	3	2	2	1
6	5	5	5	6	5

**Вариант 5**

Объект ранжирования	Эксперт №				
	1	2	3	4	5
1	4	3	4	4	3
2	3	4	3	3	4
3	2	2	2	1	1
4	6	6	6	5	5
5	1	1	1	2	2
6	5	5	5	6	6

**Вариант 6**

Объект ранжирования	Эксперт				
	1	2	3	4	5
1	4	1	2	3	4
2	3	2	4	2	3
3	2	3	6	5	2
4	6	5	1	4	6
5	1	4	3	1	1
6	5	6	5	6	5

**Вариант 7**

Объект ранжирования	Эксперт				
	1	2	3	4	5
1	1	2	6	4	4
2	2	3	5	3	3
3	6	4	4	1	2
4	5	1	3	5	6
5	4	5	2	2	1
6	3	6	1	6	5

**Вариант 8**

Объект ранжирования	Эксперт				
	1	2	3	4	5
1	1	5	6	4	6
2	3	2	2	3	5
3	5	3	4	1	3
4	6	6	3	5	2
5	4	1	5	2	4
6	2	4	1	6	1

**Вариант 9**

Объект ранжирования	Эксперт				
	1	2	3	4	5
1	4	5	6	4	6
2	6	3	4	5	1
3	2	4	3	1	2
4	5	2	1	3	5
5	3	1	2	6	3
6	1	6	5	2	4

**Вариант 10**

Объект ранжирования	Эксперт				
	1	2	3	4	5
1	6	5	4	4	3
2	3	4	3	5	5
3	5	6	2	6	2
4	1	2	6	2	6
5	4	3	1	3	1
6	2	1	5	1	4

**Вариант 11**

Объект ранжирования	Эксперт				
	1	2	3	4	5
1	1	4	3	4	3
2	4	3	4	5	5
3	6	6	2	6	2
4	2	2	1	2	6
5	5	5	5	3	1
6	3	1	6	1	4

**Вариант 12**

Объект ранжирования	Эксперт				
	1	2	3	4	5
1	6	6	6	6	3
2	3	3	3	4	5
3	5	5	4	3	2
4	1	1	2	1	6
5	4	2	1	2	1
6	2	4	5	5	4

**Вариант 13**

Объект ранжирования	Эксперт				
	1	2	3	4	5
1	3	3	4	4	5
2	2	2	3	5	2
3	5	6	2	6	4
4	6	4	6	2	6
5	1	1	1	3	1
6	4	5	5	1	3

**Вариант 14**

Объект ранжирования	Эксперт				
	1	2	3	4	5
1	6	5	6	6	3
2	3	2	3	5	5
3	5	6	4	4	2
4	1	1	2	3	6
5	4	4	5	2	1
6	2	3	1	1	4

**Вариант 15**

Объект ранжирования	Эксперт				
	1	2	3	4	5
1	6	5	6	6	5
2	3	4	4	4	3
3	5	6	5	5	6
4	1	2	1	2	1
5	4	3	2	3	2
6	2	1	3	1	4

**Вариант 16**

Объект ранжирования	Эксперт				
	1	2	3	4	5
1	1	1	1	2	1
2	5	4	4	5	4
3	3	5	3	3	3
4	2	2	2	1	2
5	4	3	6	4	6
6	6	6	5	6	5

**Вариант 17**

Объект ранжирования	Эксперт				
	1	2	3	4	5
1	4	5	3	4	4
2	5	6	5	6	6
3	1	1	1	2	1
4	2	2	2	1	2
5	6	4	6	5	5
6	3	3	4	3	3

**Вариант 18**

Объект ранжирования	Эксперт				
	1	2	3	4	5
1	4	4	4	4	5
2	3	5	3	5	4
3	2	6	2	6	3
4	6	2	6	2	2
5	1	3	1	3	1
6	5	1	5	1	6

**Вариант 19**

Объект ранжирования	Эксперт				
	1	2	3	4	5
1	1	1	1	2	1
2	5	4	4	5	4
3	3	2	3	3	3
4	2	3	2	1	2
5	4	5	6	4	5
6	6	6	5	6	6

**Вариант 20**

Объект ранжирования	Эксперт				
	1	2	3	4	5
1	4	4	3	4	4
2	5	6	5	5	6
3	1	1	1	2	1
4	2	2	2	1	2
5	6	5	6	6	5
6	3	3	4	3	3

**Задание 2.** На основании мнения экспертов способом непосредственного оценивания определить весомость членов ряда.

Исходные данные для выполнения задания приведены для каждого варианта.

**Вариант 1**

Объект ранжирования	Эксперт				
	1	2	3	4	5
1	4	6	4	4	5
2	7	8	9	8	7
3	2	5	3	3	1
4	6	9	8	5	6
5	9	8	8	7	9
6	7	6	4	3	2

**Вариант 2**

Объект ранжирования	Эксперт				
	1	2	3	4	5
1	7	1	2	3	3
2	8	2	3	5	4
3	9	3	4	7	2
4	6	4	6	9	8
5	5	5	8	7	4
6	7	6	5	6	6

**Вариант 3**

Объект ранжирования	Эксперт				
	1	2	3	4	5
1	3	5	4	5	5
2	7	7	5	4	8
3	5	9	5	3	6
4	9	8	7	7	7
5	3	6	7	9	5
6	5	7	8	7	5

**Вариант 4**

Объект ранжирования	Эксперт				
	1	2	3	4	5
1	6	7	8	2	5
2	7	8	9	8	7
3	2	5	3	3	1
4	7	5	6	4	7
5	8	8	8	7	9
6	9	6	4	3	2

**Вариант 5**

Объект ранжирования	Эксперт				
	1	2	3	4	5
1	5	8	7	9	7
2	7	8	9	8	7
3	2	5	3	3	1
4	6	9	8	5	6
5	9	8	8	7	9
6	5	6	7	8	9



**Вариант 6**

Объект ранжирования	Эксперт				
	1	2	3	4	5
1	1	3	5	4	6
2	5	8	9	8	5
3	4	5	3	3	4
4	2	9	8	5	3
5	6	8	8	7	2
6	6	6	4	3	1

**Вариант 7**

Объект ранжирования	Эксперт				
	1	2	3	4	5
1	4	6	4	4	5
2	7	7	3	2	7
3	2	3	5	1	1
4	6	4	6	5	6
5	9	2	1	8	9
6	7	6	4	3	2

**Вариант 8**

Объект ранжирования	Эксперт				
	1	2	3	4	5
1	1	3	4	5	2
2	4	3	6	8	5
3	2	5	3	3	1
4	6	9	8	5	6
5	4	5	8	3	6
6	1	3	5	7	3

**Вариант 9**

Объект ранжирования	Эксперт				
	1	2	3	4	5
1	5	6	3	8	7
2	1	3	2	5	5
3	3	8	5	7	1
4	2	4	2	8	5
5	5	7	8	4	6
6	8	4	9	6	8

**Вариант 10**

Объект ранжирования	Эксперт				
	1	2	3	4	5
1	5	6	7	8	9
2	9	8	7	6	5
3	2	4	6	1	3
4	3	4	5	6	2
5	5	8	9	4	6
6	7	6	8	6	9

**Вариант 11**

Объект ранжирования	Эксперт				
	1	2	3	4	5
1	3	4	4	8	4
2	2	6	5	5	5
3	8	7	3	6	6
4	5	8	7	7	4
5	7	9	5	3	3
6	5	3	3	4	6

**Вариант 12**

Объект ранжирования	Эксперт				
	1	2	3	4	5
1	3	6	7	3	5
2	4	7	8	5	3
3	2	4	6	1	3
4	3	4	5	6	2
5	7	5	9	7	6
6	2	6	4	9	6

**Вариант 13**

Объект ранжирования	Эксперт				
	1	2	3	4	5
1	5	6	7	8	9
2	4	7	9	4	5
3	1	3	5	2	7
4	5	7	9	3	1
5	5	8	9	4	6
6	7	6	8	6	9

**Вариант 14**

Объект ранжирования	Эксперт				
	1	2	3	4	5
1	4	6	1	3	6
2	5	7	1	3	9
3	4	6	8	3	1
4	3	4	5	6	2
5	5	8	9	4	6
6	4	7	9	3	2

**Вариант 15**

Объект ранжирования	Эксперт				
	1	2	3	4	5
1	2	4	8	6	9
2	5	7	7	3	3
3	4	6	8	1	5
4	8	2	5	8	5
5	5	2	7	6	4
6	7	9	5	7	7

**Вариант 16**

Объект ранжирования	Эксперт				
	1	2	3	4	5
1	9	4	7	8	9
2	5	7	7	6	5
3	3	6	6	1	3
4	2	5	5	6	2
5	6	9	9	4	6
6	9	8	8	6	9

**Вариант 17**

Объект ранжирования	Эксперт				
	1	2	3	4	5
1	5	4	7	9	9
2	9	1	5	4	5
3	2	2	8	7	3
4	3	5	2	2	2
5	5	3	9	8	6
6	7	6	7	6	9

**Вариант 18**

Объект ранжирования	Эксперт				
	1	2	3	4	5
1	5	6	7	8	9
2	6	8	2	6	1
3	3	4	5	2	4
4	3	4	5	6	2
5	5	8	9	4	6
6	8	6	8	7	5

**Вариант 19**

Объект ранжирования	Эксперт				
	1	2	3	4	5
1	7	4	7	8	7
2	5	7	7	6	5
3	3	6	6	1	3
4	2	5	5	6	2
5	6	9	9	4	6
6	7	8	8	6	9

**Вариант 20**

Объект ранжирования	Эксперт				
	1	2	3	4	5
1	5	4	7	9	9
2	9	1	5	4	5
3	2	2	8	7	3
4	4	5	2	2	3
5	5	4	9	8	6
6	7	6	7	6	9

**Задание 3.** На основании мнения экспертов способом попарного сопоставления определить коэффициенты весомости.

Исходные данные для выполнения задания приведены для каждо-

го варианта в приложении Л.

**Задание 4.** На основании мнения экспертов способом полного попарного сопоставления определить коэффициенты весомости.

Исходные данные для выполнения задания приведены для каждого варианта в приложении М.

**Задание 5.** Необходимо уточнить значения коэффициентов весомости, полученные при выполнении задания 4 первым и вторым способом последовательного приближения. Сравнить полученные результаты. Определить, каким способом можно быстрее добиться заданной точности ( $\varepsilon = 0,01$ )?

**Задание 6.** Необходимо установить степень согласованности мнений экспертов при определении результирующего ранга объектов ранжирования в задании 1.

**Задание 7.** Необходимо установить степень согласованности мнений экспертов при попарном сопоставлении объектов экспертизы в задании 3.

**Задание 8.** Необходимо установить степень согласованности мнений экспертов способом полного попарного сопоставления объектов экспертизы в задании 4.

**Задание 9.** Провести нормирование коэффициентов весомости по уровням и ветвям «дерева свойств», представленного на рисунке 12. Значения коэффициентов весомости взять из таблицы 3б.

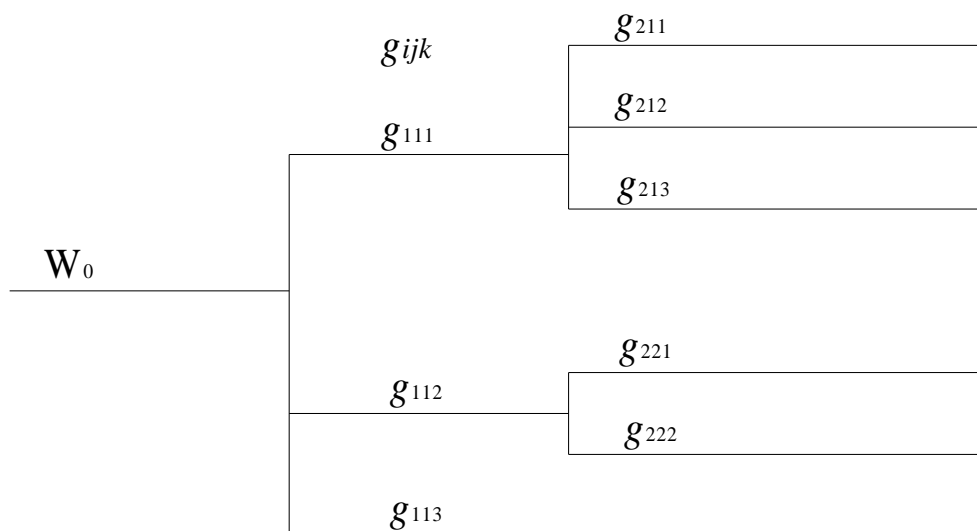


Рис. 12. Схема «дерева свойств» для выполнения задания 9

## Значения коэффициентов весомости

Номер варианта	$g_{111}$	$g_{112}$	$g_{113}$	$g_{211}$	$g_{212}$	$g_{213}$	$g_{221}$	$g_{222}$
1	5	5	10	3	4,5	6,2	8	1,5
2	6	10	9,5	6,9	4,5	2,3	3,5	7
3	8,3	4	7	4,5	7,8	3,5	8,5	5
4	8,9	4,6	9,5	2,2	3,6	8,6	5,6	8
5	4,5	7,8	3,5	10	9,5	6,9	2	5
6	6,9	4,5	2,3	3,5	9,5	2,2	3,6	6
7	10	7	4	7,8	3,5	10	3	4,5
8	4,6	10	8,3	3,6	8,6	5,6	6,9	2
9	4	7,8	3,5	5	10	3	3,5	9,5
10	6,2	1,5	3	5	6,2	5	3	3
11	2,3	7	6,9	6	2,3	10	6,9	6,9
12	3,5	5	4,5	8,3	1,5	4	4,5	4,5
13	8,6	8	2,2	8,9	5	4,6	2,2	2,2
14	6,9	5	10	4,5	10	7,8	10	10
15	2,2	6	3,5	6,9	4	4,5	3,5	3,5
16	10	4,5	7,8	10	4,6	7	7,8	7,8
17	5,6	2	3,6	4,6	7,1	10	3,6	3,6
18	3	9,5	5	4	1,8	7,8	5	5
19	4,5	10	7,8	3,5	6,9	4	10	3,6
20	6,9	4	4,5	8,6	8	2,2	8,9	1,5
21	3,5	6,9	4	4,5	8	2,2	8,9	4
22	2,3	3,5	7	5	10	7,8	5	5
23	3,5	8,5	5	10	9,5	4	10	3,6
24	3,5	6,9	4	4	1,8	7,8	9,5	5
25	7,8	10	4,6	3,5	6,9	4	10	7,8

**Задание 10.** Рассчитать комплексную оценку качества объекта с использованием «дерева свойств» из задания 9. Значения экспертных балльных оценок взять из таблицы 37.

Значение бальных оценок

Номер варианта	$\delta_{11}$	$\delta_{12}$	$\delta_{13}$	$\delta_{21}$	$\delta_{22}$	$\delta_{31}$
1	3,5	3	2,5	1	4	3
2	1,5	2	4	2,5	3	4,5
3	4	2,5	1,5	2	3,5	1
4	1	4	3,5	2	4,5	2,5
5	2,5	1	4	2,5	3	4,5
6	2,5	1,5	2	3,5	3	2,5
7	3	2,5	1	1	3,5	3
8	4,5	4	2,5	2,5	1,5	2
9	1	1,5	2	2	4	2,5
10	2,5	3,5	2	0,5	1	4
11	4,5	4	2,5	1,5	2,5	1
12	2,5	2	3,5	0,5	2,5	1,5
13	4	3,5	3	3	3	3
14	3	1,5	2	4,5	1	2
15	3,5	4	2,5	1	2,5	2,5
16	4,5	1	4	2,5	2	4
17	3	2,5	1	4,5	2	1
18	3	2,5	1,5	4,5	2,5	1,5
19	3,5	3	2,5	3	3,5	2,5
20	1,5	4,5	4	2	1	4
21	4	1	1,5	2,5	2,5	1,5
22	1	2,5	3,5	4	2	0,5
23	2,5	4,5	4	1	2	4
24	2,5	2,5	2	1,5	2,5	2
25	3	4	3,5	2	1,5	3,5

**Задание 11.** Провести нормирование коэффициентов весомости способом вспомогательной процентной шкалы, с использование дерева «Структура отказов элестроцентробежного насоса» (см. рис. 10) по ветвям указанным преподавателем.



**Вопросы для самоконтроля**

1. Перечислите экспертные способы определения весовых коэффициентов показателей качества?
2. Чем отличается способ двойного попарного сопоставления от способа попарного сопоставления?
3. В каких случаях лучше воспользоваться способом двойного попарного сопоставления?
4. Какие способы уточнения коэффициентов весомости вы знаете и в чем их отличие?
5. Перечислите последовательность определения коэффициентов весомости способом ранжирования.
6. В чем заключается способ непосредственного оценивания?
7. В чем сущность способа последовательных сопоставлений?
8. Какие методы оценки согласованности экспертных данных вы знаете?
9. Что такое коэффициент конкордации?
10. Как с помощью коэффициента вариации можно оценить согласованность экспертных данных?
11. Перечислите способы назначения нормированных коэффициентов?
12. Как проводится нормировка коэффициентов весомости показателей качества?
13. Как с помощью «дерева свойств» рассчитывается комплексная оценка качества?
14. В чем суть способа вспомогательной процентной шкалы?
15. В каких случаях применяется способ эталонного ряда при оценке качества продукции?
16. Опишите принципы построения эталонного ряда?

## 5. ОЦЕНКА УРОВНЯ КАЧЕСТВА ПРОДУКЦИИ

Важнейшим вопросом квалиметрии является объективное установление уровня качества. Применительно к продукции в соответствии с отечественным стандартизованным определением *уровень качества представляет собой относительную характеристику качества продукции, основанную на сравнении совокупности показателей ее качества с соответствующей совокупностью базовых показателей.*

Под *оценкой уровня качества продукции* понимается результат оценивания, т.е. сопоставления показателей качества оцениваемой продукции с базовыми значениями.

Эта оценка может быть представлена *в количественной и качественной* форме.

В **количественной форме** оценка выражается одним числом, которое представляет собой значение комплексного показателя качества, отражающего определенную совокупность свойств продукции.

В **качественной форме** оценка представляется в виде утверждения о том, соответствует продукция по рассматриваемой совокупности свойств уровню требований определенного рынка, превосходит их или уступает им.

**Базовыми значениями** являются показатели, выбранные для сравнения. Как правило, это показатели аналогов продукции. Аналог – это продукция, имеющая сходное функциональное назначение.

В квалиметрии базовое значение показателя качества – аналог единицы физической величины в метрологии. И также как результат измерения (количественное значение измеряемой физической величины) зависит от выбора единицы измерения, так и результат оценивания качества зависит от выбора базовых значений показателей качества.

Относительная характеристика качества продукции, основанная на сопоставлении значений показателей, характеризующих техническое совершенство оцениваемой продукции, с соответствующими базовыми значениями, называется *техническим уровнем качества*. При оценке технического уровня не учитывают экономические характеристики продукции. Но сопоставление образцов продукции только по уровню

достигнутого технического эффекта может дать ложные результаты, так как не учитывается, какой ценой этот эффект достигнут.

При проведении оценки различают *классификационные, ограничительные и оценочные показатели*.

**Классификационные** показатели характеризуют назначение и область применения данного вида продукции. По значениям этих показателей подбирают группу аналогов оцениваемой продукции.

К классификационным показателям относятся:

1) показатели, устанавливающие параметрический ряд типоразмеров продукции (например, грузоподъемность автомобиля, тяговая мощность двигателя и т. п.);

2) показатели наличия дополнительных устройств или свойств продукции (часы с календарем, часы пылевлагозащитные; продукт очищенный и т. п.);

3) показатели, определяющие класс продукции или группу ее потребителей (радиоприемник автомобильный, фотоаппарат любительский, часы мужские и т. п.);

4) показатели исполнения продукции, определяющие область или условия ее применения (например, тропическое исполнение, аппаратура для работы под водой, в условиях излучений и т. п.).

**Ограничительные** показатели – это показатели безопасности и экологичности, значения которых должны удовлетворять требованиям международных и отечественных стандартов, других нормативных актов, например законов.

**Оценочные** показатели характеризуют свойства продукции, связанные с ее способностью удовлетворять определенные потребности, и используются для сопоставления образцов продукции.

К оценочным показателям могут быть отнесены:

- показатели, определяющие функциональную пригодность продукции удовлетворять заданные потребности (например, показатели назначения, надежности, эргономичности, эстетичности);

- показатели, определяющие материальные затраты ресурсов, при создании и применении продукции на формирование, обеспечение и реализацию ее качества (например, показатели ресурсопотребления при производстве или эксплуатации продукции).

Каждый оценочный показатель характеризуется направлением его влияния на качество продукции: если повышению качества продукции соответствует увеличение значений показателей, то их называют **позитивными**, если уменьшение – **негативными**.

Оценка уровня качества осуществляется для принятия таких решений, как о разработке или модернизации продукции, а если это решение принято, то о выборе варианта при разработке новой или модернизируемой продукции, о выходе на конкретный рынок и др.

В зависимости от цели оценивания продукции в группу аналогов включают:

- 1) **перспективные образцы**, поступление которых на рынок прогнозируется на период выпуска продукции;
- 2) **реальные образцы**, которые реализуются на рынке на момент оценивания продукции.

**Значения показателей перспективных образцов** берутся из проспектов фирм или прогнозируются на основе патентных исследований, анализа тенденций изменения значений показателей, оценивания сроков реализации перспективных технических решений, направленных на улучшение показателей качества данного вида продукции.

**Значения показателей реальных образцов** устанавливаются по имеющейся на них документации или по результатам испытаний.

**Оценка уровня качества** проводится в следующей последовательности:

1. Выбирают номенклатуру показателей качества продукции.
2. Проводят определение значений выбранных показателей.
3. Выбирают базовый образец для сравнения показателей.
4. Выбирают метод оценки уровня качества продукции.
5. Проводят определение уровня качества продукции.

Выбор номенклатуры и определение значений выбранных показателей качества продукции были рассмотрены ранее. В данной главе будут рассмотрены остальные действия, проводимые при оценке уровня качества.

### **5.1. Выбор базового образца для сравнения показателей**

Выбор базового образца должен осуществляться тщательно и все-

сторонне продуманно. Пользование устаревшим и технически несовершенным образцом приводит к необоснованно завышенной оценке уровня качества продукции.

Номенклатура показателей базового образца должна соответствовать номенклатуре показателей оцениваемой продукции.

Методы определения показателей также должны быть идентичны, чтобы обеспечивать сопоставимость этих показателей.

Значения показателей качества базового образца заносятся в карту технического уровня и качества продукции.

Оценка уровня качества может проводиться как для однородной продукции (изделия одного класса и назначения), так и разнородной, выпускаемой предприятием или отраслью.

Базовые значения показателей определяются по совокупности значений показателей качества аналогов. Применяются два способа определения этих значений:

- выделение базовых образцов;
- вычисление теоретических базовых значений.

В качестве базовых образцов выделяются лучшие, худшие или типичные образцы из группы аналогов в зависимости от цели оценивания. В различных методах оценивания используются различные принципы и правила выделения базовых образцов, но могут использоваться и все аналоги оцениваемой продукции.

Теоретические базовые значения показателей определяются расчетным путем по совокупности значений показателей качества аналогов. В различных методах используются различные принципы расчетов; в простейшем случае за базовые принимаются наилучшие значения показателей.

При определении базовых значений следует учитывать взаимосвязи различных показателей качества данного вида продукции. Расчетный способ определения базовых значений должен удовлетворять этому условию. Простейший способ, когда в качестве базовых значений выбираются лучшие показатели из группы аналогов, может не удовлетворять этому условию, и поэтому его применение не всегда оправдано.

Многие виды изделий представлены на рынке сбыта в виде большой номенклатуры моделей, отличающихся показателями качества и

выпускаемых различными изготовителями этой продукции. Так, например, на мировом рынке автомобилей в конце двадцатого века присутствовало более 1800 моделей различных классов по виду кузова и объему цилиндров двигателя и различных по уровню качества, выпускаемых широко известными фирмами BMW, Cadillac, Volvo, Opel, Chevrolet, Citroen, Ford, Mercedes-Benz, Mitsubishi, Volkswagen, Suzuki, Toyota, ВАЗ, ГАЗ и другими фирмами Европы, Азии, Австралии и Америки. Аналогичную ситуацию можно наблюдать и по другим видам продукции, как по товарам народного потребления – телевизоры, телефоны, кофемолки и т.п., так и по продукции производственно-технического назначения – станки, автоматы, измерительная техника, приборы и т.п.

В связи с этим возникает вопрос о выборе базовых изделий по трем уровням: высший, средний и низший.

Выбор *базовых образцов высшего уровня* осуществляется следующим образом:

1) аналог не признается базовым изделием, если при сопоставлении с другим аналогом он уступает ему хотя бы по одному показателю, не превосходя его ни по какому-либо из остальных;

2) оба сопоставляемых аналога остаются для сопоставления с другими аналогами, если по одним показателям оказывается лучше один аналог, а по другим – другой. При этом значения некоторых показателей у этих аналогов могут совпадать.

В результате *попарного сопоставления* всех аналогов остаются аналоги, каждый из которых не уступает ни одному из остальных по совокупности оценочных показателей. Эти аналоги являются *базовыми объектами высшего уровня*.

Выделение *базовых объектов низшего уровня* осуществляется следующим образом:

1) аналог не признается базовым изделием, если при сопоставлении с другим аналогом он превосходит его хотя бы по одному показателю, не уступая ему ни по какому-либо из остальных;

2) оба сопоставляемых аналога остаются для сопоставления с другими аналогами, если по одним показателям оказывается хуже один аналог, а по другим – другой. При этом значения некоторых показате-

лей у этих аналогов могут совпадать.

В результате попарного сопоставления всех аналогов остаются аналоги, каждый из которых не превосходит ни один из остальных по совокупности оценочных показателей. Эти аналоги являются *базовыми объектами низшего уровня*.

В *среднюю группу* входят аналоги, оставшиеся после отбора аналогов, относящихся к высшей и низшей группам.

**Пример.** Рассматриваются объекты, характеризующиеся двумя позитивными показателями качества. Сформирована группа аналогов из 12 образцов. Нормированные значения показателей качества этих объектов  $x_1$  и  $x_2$  приведены в таблице 38.

Таблица 38

Нормированные значения показателей качества

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
$x_1$	0,73	0,71	0,35	0,23	1	0,58	0,33	0,31	0,28	0,65	0,66	0,35
$x_2$	0,25	0,63	0,8	0,82	0,07	0,10	0,61	0,75	1	0,23	0,42	0,68

Результаты сопоставления сведены в таблице 39. В этой таблице используются следующие обозначения:

1) знак « $\Rightarrow$ » показывает, что при попарном сопоставлении двух аналогов значение первого показателя выше у одного аналога, а второго – у другого, например аналоги 1 и 5, 2 и 3, 4 и 5.

2) цифра «1» показывает, что значения обоих показателей у аналога, соответствующего строке таблицы, больше, чем у аналога, соответствующего столбцу, или один равен, а другой больше. Например, аналог 1 превосходит аналоги 6 и 10, аналог 2 превосходит аналоги 6, 7, 10, 11.

3) цифра «0» означает, соответственно, что один аналог уступает другому по обоим показателям.

Аналоги, которым соответствует строка, содержащая 1 и « $\Rightarrow$ », относятся к высшему уровню, так как каждый из них не уступает ни одному из остальных по совокупности оценочных показателей.

Аналоги, которым соответствует строка, содержащая 0 и "=", относятся к низшему уровню, так как каждый из них не превосходит ни

один из остальных по совокупности оценочных показателей.

Остальные аналоги относятся к среднему уровню. В последнем столбце факт отнесения аналога к высшему, среднему или низшему уровню отражается, соответственно, буквами В, С, Н.

Таблица 39

№	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Уровень
1		=	=	=	=	1	=	=	=	1	=	=	В
2	=		=	=	=	1	1	=	=	1	1	=	В
3	=	=		=	=	=	1	1	=	=	=	1	В
4	=	=	=		=	=	=	=	0	=	=	=	Н
5	=	=	=	=		=	=	=	=	=	=	=	С
6	0	0	=	=	=		=	=	=	0	0	=	Н
7	=	0	0	=	=	=		=	=	=	0	=	Н
8	=	=	0	=	=	=	=		=	=	=	=	Н
9	=	=	=	1	=	=	=	=		=	=	=	В
10	0	0	=	=	=	1	=	=	=		0	=	С
11	=	0	=	=	=	1	=	=	=	1		=	С
12	=	=	0	=	=	=	1	=	=	=	=		С

В зависимости от того, на каком уровне собирается конкурировать разработчик или изготовитель продукции, осуществляющий оценку уровня качества своей продукции, выбираются аналоги высшего, среднего или низшего уровня.

Следующим этапом оценки уровня качества является выбор метода оценки уровня качества.

## 5.2. Методы оценки уровня качества

Для оценки уровня качества необходимо правильно выбрать метод ее проведения. Для оценки уровня качества продукции наибольшее практическое применение получил экспертный метод.

При оценке уровня качества однородной продукции при использовании экспертного метода выделяют несколько подходов к решению этой задачи. Это **дифференциальный метод, комплексный метод**, разновидностями которого являются *метод главного показателя, метод средневзвешенного показателя и метод, основанный на интегральном*



*показателе*, а также **обобщенный дифференциальный метод**.

### 5.2.1. Дифференциальный метод

Дифференциальный метод оценки заключается в том, что значения показателей оцениваемой продукции сравниваются с базовыми.

Имеются показатели качества оцениваемой продукции  $X_1, X_2, \dots, X_p$  и соответствующие показатели качества базового образца  $X_{1б}, X_{2б}, \dots, X_{pб}$ . Для сопоставления показателей дифференциальным методом вычисляют значения относительных показателей качества продукции по формулам:

$$Q_i = X_i / X_{iб}, \quad i = 1, 2, \dots, p \quad (116)$$

$$Q_i = X_{iб} / X_i, \quad (117)$$

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

$X_{iб}$  – значение  $i$ -го базового показателя;

$p$  – количество рассматриваемых показателей качества продукции.

В зависимости от характера показателя качества выбирают ту или иную из этих формул. Для позитивных показателей, с увеличением значений которых качество повышается, выбирают формулу (116), а для негативных показателей, с увеличением значений которых качество продукции снижается, выбирают формулу (117). Вместо применения формулы (117) можно  $i$ -ый негативный показатель заменить соответствующим позитивным.

В тех случаях, когда значение  $Q_j > 1$ , по данному  $i$ -му показателю оцениваемая продукция превосходит базовый образец, если  $Q_j = 1$ , то она соответствует базовому образцу, а если  $Q_j < 1$ , то уступает ему.

При использовании дифференциального метода можно не вычислять значения относительных показателей  $Q_j$ . Достаточно фиксировать результат сопоставления по каждому  $i$ -му показателю в качественной форме: продукция по  $i$ -му показателю превосходит базовый образец, соответствует или уступает ему. В результате сопоставления показателей дифференциальным методом могут быть сформулированы следующие результаты оценивания в качественной форме:

1) уровень качества оцениваемой продукции выше уровня базового образца, если все значения  $Q_j \geq 1$ , причем хотя бы одно значение  $Q_j >$

1 (т. е. продукция по всем показателям не уступает базовому образцу и хотя бы по одному превосходит);

2) уровень качества оцениваемой продукции равен уровню базового образца, если все значения  $Q_j = 1$  (т.е. продукция по всем показателям соответствует базовому образцу);

3) уровень качества оцениваемой продукции ниже уровня базового образца, если все значения  $Q_j \leq 1$ , причем хотя бы одно значение строго меньше единицы:  $Q_j < 1$  (т.е. продукция по всем показателям не превосходит базовый образец и хотя бы по одному показателю уступает ему).

В случаях, когда часть значений относительных показателей качества  $Q_j > 1$ , а часть  $Q_j < 1$  (т.е. продукция по одним показателям превосходит базовый образец, а по другим уступает ему), дифференциальный метод не дает результата и следует применить комплексный метод.

**Пример.** Требуется дать оценку уровня качества автомобиля особо малого класса на основе сопоставления с аналогами по двум показателям качества:

- время разгона до достижения скорости 100 км/ч,  $t$ ;
- максимальный пробег на 1 л топлива,  $S$ .

Исходные данные приведены в таблице 40.

Таблица 40

Исходные данные

Изделия	Исходные показатели качества	
	$t$ , с.	$S$ , км
Оцениваемая продукция	28	16,8
Аналог № 1	16	17,2
Аналог № 2	32	16,2
Аналог № 3	20	15,6

Показатель  $t$  – негативный, а показатель  $S$  – позитивный. Поэтому необходимо провести преобразование показателей.

При преобразовании исходных показателей в позитивные показатели поступаем следующим образом: при этом  $S$  не нуждается в преобразовании, а  $t$  преобразуется в показатель «Ускорение при наборе скорости от 0 до 100 км/ч» по формуле:

$$a \text{ м/с}^2 = 100\,000 \text{ м} : 3\,600 \text{ с} : t \text{ с} = 28 : t \text{ с}$$

При преобразовании исходных показателей в негативные показатели поступаем следующим образом: при этом  $t$  не нуждается в преобразовании, а  $S$  преобразуется в показатель «Расход топлива на 1 км пробега» –  $v$  л/км по формуле:

$$v \text{ л/км} = 1 \text{ л} : S \text{ км}$$

Результаты преобразования исходных показателей, представлены в таблице 41.

Таблица 41

## Преобразованные показатели качества

Изделия	Позитивные		Негативные	
	$a, \text{ м/с}^2$	$S, \text{ км}$	$t, \text{ с}$	$v, \text{ л/км}$
Оцениваемая продукция	1	16,8	28	0,0595
Аналог № 1	1,75	17,2	16	0,0581
Аналог № 2	0,875	16,2	32	0,617
Аналог № 3	1,4	15,6	20	0,0641

При дифференциальном методе оцениваемая продукция сопоставляется с базовым образцом по показателям, принятым для сравнения. В качестве базовых образцов принимаются поочередно каждый из трех аналогов. Сопоставление осуществляется по позитивным и по негативным вариантам показателей.

1. Сопоставление с первым аналогом.

– по позитивным показателям:

$$Q_1 = 1 : 1,75 = 0,57$$

$$Q_2 = 16,8 : 17,2 = 0,98$$

– по негативным показателям:

$$Q_1 = 16 : 28 = 0,57$$

$$Q_2 = 0,0581 : 0,0595 = 0,98$$

Так как  $Q_1$  и  $Q_2$  меньше 1, следовательно, оцениваемая продукция по качеству уступает этому аналогу.

2. Сопоставление со вторым аналогом.

– по позитивным показателям:

$$Q_1 = 1 : 0,875 = 1,14$$

$$Q_2 = 16,8 : 16,2 = 1,04$$

– по негативным показателям:

$$Q_1 = 32 : 28 = 1,14$$

$$Q_2 = 0,617 : 0,0595 = 1,04$$

Так как  $Q_1$  и  $Q_2$  больше 1, следовательно, оцениваемая продукция по качеству превосходит этот аналог.

3. Сопоставление с третьим аналогом.

– по позитивным показателям:

$$Q_1 = 1 : 1,4 = 0,71$$

$$Q_2 = 16,8 : 15,6 = 1,08$$

– по негативным показателям:

$$Q_1 = 20 : 28 = 0,71$$

$$Q_2 = 641 : 595 = 1,08$$

Так как  $Q_1$  меньше 1, а  $Q_2$  больше 1, следовательно, в этом случае дифференциальный метод ответа не дает.

### 5.2.2. Комплексный метод

Комплексный метод оценки уровня качества предусматривает использование определяющего показателя качества, т.е. когда целесообразно характеризовать уровень качества одним показателем. Уровень качества определяется отношением обобщенного показателя качества оцениваемой продукции ( $Q_{оц}$ ) к обобщенному показателю базового образца ( $Q_{баз}$ ), т. е.

$$K = Q_{оц} : Q_{баз} \quad (118)$$

Вся сложность комплексной оценки заключается в объективном нахождении обобщенного показателя. Когда имеется возможность выявить характер взаимосвязей между учитываемыми показателями и коэффициентами связей их с обобщающим показателем качества оцениваемой продукции, функциональную зависимость следует определять по формуле

$$Q = f(n, P_i, P_{i\text{баз}}) \quad (119)$$

Вид зависимости может определяться любым из возможных методов, в том числе экспертным. В зависимости от цели оценки определяющим показателем может быть избран **главный, интегральный** или **средний взвешенный показатель качества**.

В качестве *главного показателя* могут быть приняты, например, важнейшие показатели назначения продукции. Таковыми могут быть, например, производительность машин, удельная себестоимость, ресурс и т.п.

Однако аналогичные зависимости обобщенных показателей на основе главных показателей качества, которые полно бы отражали качество оцениваемой продукции, удастся найти далеко не всегда.

Другим вариантом использования комплексных показателей в оценке уровня качества продукции может быть оценка с помощью интегрального показателя качества продукции.

*Интегральный показатель качества* – отношение суммарного полезного эффекта от эксплуатации или потребления продукции к суммарным затратам на его изготовление, эксплуатацию или потребление (см. п. 1.6).

Недостатки интегрального показателя являются трудность применения к изделиям сферы потребления, неприменимость для сырья и материалов, неучет эргономических, эстетических и некоторых других свойств. Он применим для изделий, эффект от эксплуатации которых выражается в натуральной или денежной форме.

При использовании комплексных показателей оценка является числом, поэтому вывод о сопоставительной оценке очевиден: оцениваемая продукция признается соответствующей уровню качества, определяемому данной группой аналогов, если

$$K_{min} \leq K_{оп} \leq K_{max}, \quad (120)$$

где  $K_{оп}$  – комплексный показатель качества оцениваемой продукции;

$K_{min}$ ,  $K_{max}$  – минимальное и максимальное значение комплексного показателя качества аналогов соответственно.

Если  $K_{оп} < K_{min}$ , то оцениваемая продукция уступает уровню качества данной группы аналогов, если  $K_{оп} > K_{max}$ , то превосходит его.

Использование главного показателя для оценки качества во многих случаях неприемлемо, так как не учитываются другие показатели качества. Этот же недостаток присущ и комплексному методу на основе интегральных показателей. Кроме того, еще одним недостатком использования интегральных показателей является то, что суммарный полезный эффект (или полезность) исчисляется, как правило, за срок

службы более одного года и не учитывается разновременность затрат на приобретение продукции (единовременные затраты), эксплуатацию и получение эффекта в последующие годы использования, поэтому необходимо вводить поправочные коэффициенты (дисконтировать затраты), что ранее не проводилось.

Оценка уровня качества на основе *средневзвешенного показателя* может быть осуществлена с помощью *арифметического* или *геометрического* показателя.

При использовании этого метода сопоставление качества оцениваемой продукции может осуществляться с одним или с несколькими базовыми образцами.

В общем случае задачу можно сформулировать так: имеются показатели качества оцениваемой продукции  $X_{10}, X_{20}, \dots, X_{p0}$  и соответствующие показатели качества  $n$  базовых образцов  $X_{1j}, X_{2j}, \dots, X_{pj}$ , где  $j$  принимает значения от 1 до  $n$ . Требуется оценить уровень качества продукции по сравнению с базовыми образцами.

Показатели качества оцениваемой продукции и аналогов нормируются следующим образом: показатели качества, характеризующие одно свойство, делятся на максимальное значение этого показателя у всех аналогов, включая оцениваемую продукцию, если этот показатель позитивный; если этот показатель негативный, то его минимальное значение делится на показатели качества каждого из базовых образцов, т.е. нормированные значения показателей качества определяются по формулам

$$Q_{ij} = X_{ij} / \max X_{ij} \quad (121)$$

$$Q_{ij} = \min X_{ij} / X_{ij} \quad (122)$$

где  $i = 1, 2, \dots, m, j = 0, 1, 2, \dots, n$ , максимальное и минимальное значения берутся при фиксированных значениях индекса  $i$ .

Формула (121) применяется для позитивных показателей, формула (122) – для негативных.

При проведении оценки качества комплексным методом на основе средневзвешенного арифметического или средневзвешенного геометрического показателя качества признано, что наиболее точно может быть получен результат при применении второго показателя. Расчет

комплексных средневзвешенных показателей качества см. в п. 3.1.

Оцениваемая продукция признается соответствующей уровню качества, определяемому данной группой аналогов, если

$$Q_{\min} \leq Q_O \leq Q_{\max}, \quad (123)$$

где  $Q_O$  – средневзвешенный показатель качества оцениваемой продукции;

$Q_{\min}, Q_{\max}$  – минимальное и максимальное значения средневзвешенных показателей качества аналогов.

Если  $Q_O$  меньше  $Q_{\min}$ , то оцениваемая продукция уступает уровню качества данной группы аналогов, если  $Q_O$  больше  $Q_{\max}$  – то превосходит.

**Пример.** Оценка уровня качества автомобиля особо малого класса на основе сопоставления с аналогами дифференциальным методом результата не дала (см. п. 5.2.1), поэтому применим комплексный метод средневзвешенного показателя. Сравнение будем производить по позитивным показателям, поэтому исходными данными будут показатели из столбца «Позитивные показатели» в таблице 41.

Исходные показатели  $a$  и  $S$  и их нормированные значения  $a_n$  и  $S_n$  приведены в таблице 42. Нормирование было осуществлено по формуле (121). В данном случае максимальными значениями оказались значения, принадлежащие одному аналогу, а именно аналогу № 1.

Таблица 42

Исходные и нормированные показатели качества

Изделия	$a$	$S$	$a_n$	$S_n$
Оцениваемая продукция	1	16,8	0,57	0,977
Аналог № 1	1,75	17,2	1	1
Аналог № 2	0,875	16,2	0,5	0,942
Аналог № 3	1,4	15,6	0,8	0,907

Проведем расчет средневзвешенного показателя для двух вариантов величин коэффициентов весомости:

– в первом варианте коэффициент весомости для  $a_n$  принят равным 0,4, а коэффициент весомости для  $S_n$  принят равным 0,6.

– во втором варианте коэффициент весомости для  $a_n$  принят рав-

ным 0,2, а коэффициент весомости для  $S_n$  принят равным 0,8.

Результаты расчета арифметических средневзвешенных показателей по формуле (80) для двух вариантов величин коэффициентов весомости приведены в таблице 43.

Таблица 43

Изделия	0,4 $a_n$	0,6 $S_n$	$\bar{Q}_1$	0,2 $a_n$	0,8 $S_n$	$\bar{Q}_2$
1	2	3	4	5	6	7
Оцениваемая продукция	0,228	0,586	0,814	0,114	0,782	0,896
Аналог № 1	0,4	0,6	1	0,2	0,8	1
Аналог № 2	0,2	0,565	0,765	0,1	0,754	0,854
Аналог № 3	0,32	0,544	0,864	0,16	0,726	0,886

Значения средневзвешенного арифметического показателя качества  $\bar{Q}_1$  для первого варианта представлены в четвертом столбце, значения средневзвешенного арифметического показателя качества  $\bar{Q}_2$  для второго варианта представлены в седьмом столбце.

По убыванию средневзвешенного показателя сопоставляемые объекты в первом варианте располагаются в порядке: аналог № 1, аналог № 3, оцениваемая продукция, аналог № 2.

Во втором варианте этот порядок другой: аналог № 1, оцениваемая продукция, аналог № 3, аналог № 2.

Этот пример иллюстрирует зависимость результата оценки от выбора коэффициентов весомости.

В обоих вариантах средневзвешенный показатель качества оцениваемой продукции находится внутри интервала минимального и максимального значений средневзвешенного показателя качества аналогов. Следовательно, может быть сделан вывод о том, что оцениваемая продукция по уровню качества соответствует аналогам.

### **5.2.3. Обобщение дифференциального метода**

Обобщение дифференциального метода оценки уровня качества продукции осуществляется в предположении, что оценка осуществляется по двум показателям, причем оба эти показателя являются позитивными. Тогда каждому аналогу и оцениваемой продукции соответствует точка в двухмерном пространстве.



На рисунке 13 изображены три точки с координатами  $(x_1, y_1)$ ,  $(x_2, y_2)$  и  $(x_3, y_3)$ . На основе этих точек может быть определена область соответствия, т. е. такая область, попадание в которую точки, соответствующей оцениваемой продукции, означает, что уровень качества оцениваемой продукции соответствует уровню качества группы аналогов. Если оцениваемая продукция попадает в нижнюю заштрихованную часть, то она уступает, если в верхнюю – превышает уровень аналогов. Область соответствия находится между заштрихованными областями.

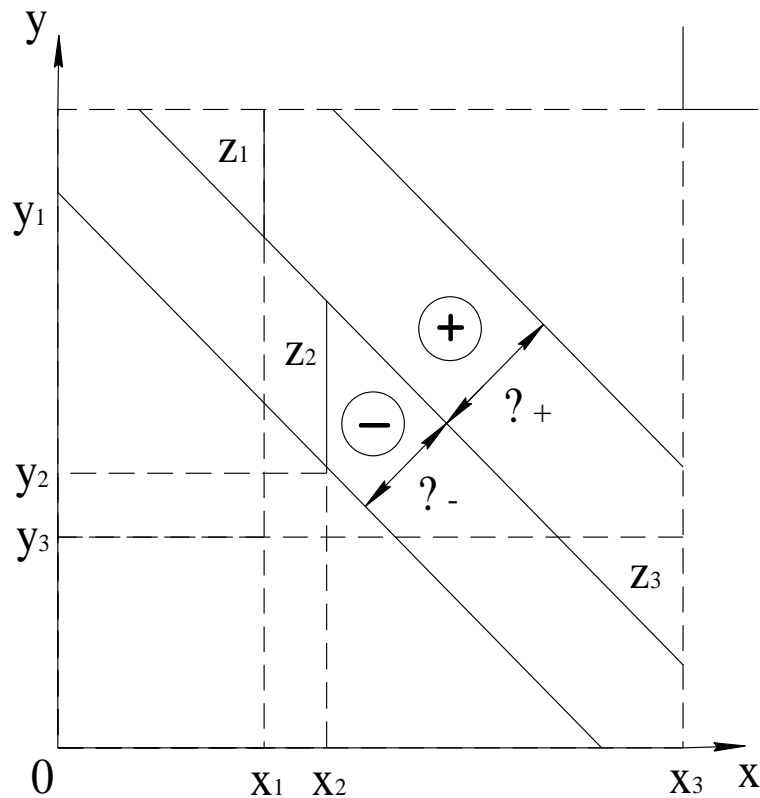


Рис. 13. Двухмерная интерпретация оценки уровня качества

Определение этой области целесообразно осуществлять следующим образом. Вначале определяется зависимость вида

$$f(x) = a_0 + a_1x, \quad (124)$$

определяющая прямую, аппроксимирующую точки  $(x_i, y_i)$ ,  $i = 1, \dots, n$ ,

где  $n$  – число аналогов, из условия, что величина  $z = \sum_{i=1}^n (f(x_i) - y_i)^2$  ми-

нимальна.

Для определения  $a_0$  и  $a_1$  необходимо приравнять нулю частные производные этой суммы по  $a_0$  и  $a_1$ .

$$z = \sum_{i=1}^n (f(x_i) - y_i)^2 = \sum_{i=1}^n (a_0 + a_1 x_i - y_i)^2 \quad (125)$$

$$\frac{\partial z}{\partial a_0} = 2 \sum_{i=1}^n (a_0 + a_1 x_i - y_i) = 0 \quad (126)$$

$$\frac{\partial z}{\partial a_1} = 2 \sum_{i=1}^n (a_0 + a_1 x_i - y_i) x_i = 0 \quad (127)$$

Запишем эти уравнения в стандартной форме

$$n a_0 + a_1 \sum x_i = \sum y_i \quad (128)$$

$$a_0 \sum x_i + a_1 \sum x_i^2 = \sum x_i y_i \quad (129)$$

Используя формулу Крамера для решения системы линейных уравнений, получаем:

$$a_0 = \frac{\begin{vmatrix} \sum y_i & \sum x_i \\ \sum x_i y_i & \sum x_i^2 \end{vmatrix}}{\begin{vmatrix} n & \sum x_i \\ \sum x_i & \sum x_i^2 \end{vmatrix}} = \frac{\sum y_i \cdot \sum x_i^2 - \sum x_i y_i \cdot \sum x_i}{n \sum x_i^2 - (\sum x_i)^2} \quad (130)$$

$$a_1 = \frac{\begin{vmatrix} n & \sum y_i \\ \sum x_i & \sum x_i y_i \end{vmatrix}}{\begin{vmatrix} n & \sum x_i \\ \sum x_i & \sum x_i^2 \end{vmatrix}} = \frac{n \cdot \sum x_i y_i - \sum x_i \cdot \sum y_i}{n \sum x_i^2 - (\sum x_i)^2} \quad (131)$$

Область соответствия представляет собой полосу между отрезками линий, параллельных найденной изложенным методом и проходящих через максимально удаленные от нее точки, соответствующие аналогам, по обе стороны от этой линии. Для определения этой области необходимо определить расстояния от точек, соответствующих аналогам, и выбрать из них максимальные с каждой из сторон.

Если прямая задана уравнением стандартного вида

$$Ax + By + C = 0, \quad (132)$$

то расстояние от точки  $(x_0, y_0)$  до этой прямой  $\delta$  определяется по формуле

$$\delta = \frac{Ax_0 + By_0 + C}{\sqrt{A^2 + B^2}}, \quad (133)$$

следовательно

$$\delta = \frac{a_1 x_0 - y_0 + a_0}{\sqrt{a_1^2 + 1}} \quad (134)$$

Знак перед корнем противоположен знаку  $C$ .

Расстояние  $\delta$  положительно, если начало координат и точка  $(x_i, y_j)$  лежат по разные стороны от прямой, и отрицательно, если по одну сторону. Обозначим через  $\delta_+$  максимальное отклонение точек с положительным расстоянием, через  $\delta_-$  – отрицательным,  $\delta_0$  – отклонение точки, соответствующей оцениваемой продукции.

Решение о соответствии уровня качества оцениваемой продукции в сопоставлении с аналогами принимается следующим образом:

$\delta_0 < 0$ . В этом случае, если  $|\delta_0| \leq \delta_-$ , то оцениваемая продукция соответствует аналогам. Если  $|\delta_0| > \delta_-$ , то продукция уступает аналогам.

$\delta_0 = 0$ . Продукция соответствует аналогам.

$\delta_0 > 0$ . Если  $|\delta_0| \leq \delta_+$ , то оцениваемая продукция соответствует аналогам. Если  $|\delta_0| > \delta_+$ , то продукция превосходит аналоги.

**Пример.** Заданы нормированные значения показателей качества аналогов  $x_i$  и  $y_i$  в таблице 44.

Таблица 44

Нормированные значения показателей качества аналогов

Изделие	$x_i$	$y_i$
Аналог №1	0,9	0,77
Аналог №2	1	0,68
Аналог №3	0,71	0,75
Аналог №4	0,64	1
Аналог №5	0,8	0,62

Требуется оценить уровень качества продукции для четырех вариантов оцениваемой продукции, нормированные значения показателей качества которой представлены в таблице 45.

Нормированные значения показателей качества оцениваемой  
продукции

Варианты продукции	$x_0$	$y_0$
Оцениваемая продукция №1	0,6	0,9
Оцениваемая продукция №2	0,8	0,85
Оцениваемая продукция №3	0,6	0,7
Оцениваемая продукция №4	0,9	0,9

**Решение.**

Вначале определяются коэффициенты уравнения аппроксимирующей прямой (124), при этом используются значения  $x_i^2$  и  $x_i y_i$ . Для решения задачи целесообразно исходные данные и результаты промежуточных расчетов представить в виде таблицы 46.

Таблица 46

Изделие	$x_i$	$y_i$	$x_i^2$	$x_i y_i$
Аналог №1	0,9	0,77	0,81	0,69
Аналог №2	1	0,68	1	0,68
Аналог №3	0,71	0,75	0,5	0,53
Аналог №4	0,64	1	0,41	0,64
Аналог №5	0,8	0,62	0,64	0,5
$\Sigma$	4,05	3,82	3,36	3,04

В результате при расчете коэффициентов аппроксимирующей прямой (124) по формулам (130) и (131) получаем:  $a_0 = 1,31$ ,  $a_1 = -0,68$ .

Уравнение аппроксимирующей прямой (124) примет вид:

$$y = 1,31 - 0,68x$$

или в стандартном виде

$$0,68x + y - 1,31 = 0.$$

Аппроксимирующая прямая может быть построена по двум точкам  $x = 0,5$ ,  $y = 0,97$  и  $x = 1$ ,  $y = 0,63$ .

Отклонения точек, соответствующих аналогам, от аппроксимирующей прямой, вычисленные по формуле (134), имеют следующие значения:

$$\delta_1 = 0,06, \quad \delta_2 = 0,04, \quad \delta_3 = -0,06, \quad \delta_4 = 0,1, \quad \delta_5 = -0,12.$$

Максимальное положительное отклонение 0,1, т.е.  $\delta_+ = 0,1$ , максимальное отрицательное отклонение - 0,12, т. е.  $\delta_- = 0,12$ .

Отклонения точек, соответствующих оцениваемой продукции, от аппроксимирующей прямой, вычисленные по формуле (134), имеют следующие значения:

$$\delta_{01} = 0, \quad \delta_{02} = 0,07, \quad \delta_{03} = -0,17, \quad \delta_{04} = 0,17.$$

Результаты анализа оценки уровня качества графическим методом представлены на рисунке 14.

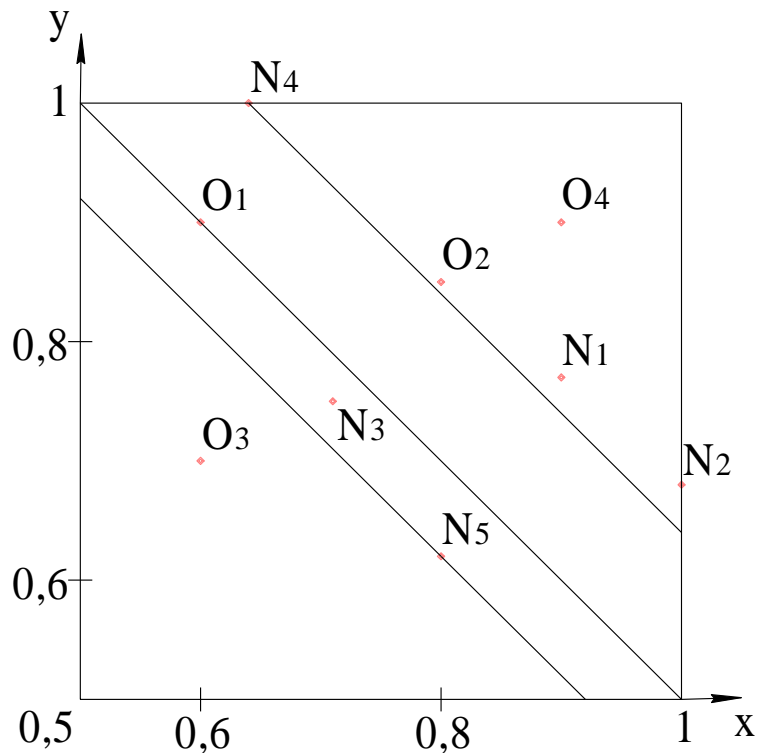


Рис. 14. Область соответствия, определенная обобщенным дифференциальным методом

На рисунке 14 область соответствия заключена между верхним и нижним отрезками, параллельными аппроксимирующей прямой и проходящими через точки, соответствующие аналогам № 4 и № 5.

Для первого варианта оцениваемой продукции  $\delta_{01} = 0$ , т. е. точка лежит на аппроксимирующей прямой, следовательно, оцениваемая продукция соответствует аналогам.

Для второго варианта оцениваемой продукции  $\delta_{02} = 0,07 < 0,1$ , следовательно, оцениваемая продукция соответствует аналогам.

Для третьего варианта оцениваемой продукции  $\delta_{03} = -0,17$ . Отклонение отрицательное, следовательно, оно должно сравниваться по модулю с  $\delta_{-}$ :  $|\delta_{03}| > 0,12$ , следовательно, оцениваемая продукция уступает аналогам.

Для четвертого варианта оцениваемой продукции  $\delta_{04} = 0,17 > 0,1$ , т. е. оцениваемая продукция превосходит аналоги.

Таким образом, в результате оценки уровня качества обобщенным дифференциальным методом четырех вариантов оцениваемой продукции можно сделать вывод, что оцениваемая продукция №1 и №2 – соответствует аналогам; оцениваемая продукция №3 – уступает аналогам, а оцениваемая продукция №4 превосходит все рассматриваемые аналоги.

### Задания для самостоятельного выполнения

**Задание 1.** Сформирована группа аналогов из 12 образцов. Объекты, характеризуются двумя позитивными показателями качества. Необходимо выбрать базовые образцы высшего, среднего и низшего уровня.

Нормированные значения показателей качества этих объектов  $g_1$  и  $g_2$  приведены для каждого варианта.

#### Вариант 1

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
$g_1$	0,63	0,61	0,35	0,13	1	0,48	0,33	0,31	0,38	0,65	0,76	0,35
$g_2$	0,25	0,53	0,8	0,82	0,17	0,10	0,61	0,75	1	0,23	0,42	0,78

#### Вариант 2

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
$g_1$	0,25	0,81	0,4	0,3	1	0,48	0,75	0,31	0,75	0,65	0,76	0,35
$g_2$	0,63	0,55	0,9	0,8	0,17	0,10	0,61	0,75	1	0,23	0,42	0,78

#### Вариант 3

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
$g_1$	0,63	0,61	0,35	0,6	1	0,4	0,33	0,31	0,38	0,35	0,76	0,35
$g_2$	0,25	0,53	0,8	0,8	0,17	0,8	0,61	0,75	1	0,23	0,42	0,78

#### Вариант 4

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
$g_1$	0,63	0,41	0,35	0,13	0,9	0,48	1	0,31	0,38	0,65	0,76	0,5
$g_2$	0,75	0,53	0,8	0,82	0,7	0,10	0,61	0,75	1	0,23	0,42	0,78

**Вариант 5**

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
$g_1$	0,63	0,61	0,35	0,93	0,9	0,48	1	0,31	0,38	0,65	0,76	0,9
$g_2$	0,75	0,53	0,3	0,82	0,7	0,40	0,61	0,75	1	0,43	0,42	0,78

**Вариант 6**

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
$g_1$	0,33	0,41	0,35	0,93	0,9	0,48	1	0,31	0,38	0,65	0,76	0,9
$g_2$	0,75	0,53	0,3	0,72	0,7	0,90	0,61	0,75	1	0,83	0,42	0,58

**Вариант 7**

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
$g_1$	0,63	0,71	0,35	0,43	0,9	0,48	1	0,31	0,38	0,85	0,76	0,9
$g_2$	0,55	0,53	0,64	0,82	0,75	0,80	0,61	0,75	1	0,43	0,32	0,78

**Вариант 8**

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
$g_1$	0,53	0,61	0,85	0,23	0,88	0,48	1	0,31	0,38	0,65	0,76	0,89
$g_2$	0,75	0,33	0,3	0,82	0,7	0,55	0,61	0,75	1	1	0,42	0,78

**Вариант 9**

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
$g_1$	0,63	0,71	0,35	0,93	0,78	0,48	1	0,31	0,38	0,65	0,76	0,9
$g_2$	0,75	0,53	0,68	0,62	0,56	0,9	0,61	0,75	1	0,43	1	0,78

**Вариант 10**

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
$g_1$	0,63	0,61	0,35	0,43	0,34	0,48	1	0,31	0,38	0,65	0,76	0,79
$g_2$	0,85	0,73	0,65	0,82	0,7	1	0,61	0,75	1	0,43	0,42	0,70

**Вариант 11**

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
$g_1$	0,43	0,61	0,35	0,93	0,95	0,68	1	1	0,38	0,65	0,76	0,56
$g_2$	0,75	0,43	0,87	0,72	0,7	0,48	0,61	0,75	1	0,43	0,42	0,78

**Вариант 12**

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
$g_1$	0,63	0,61	0,55	0,93	0,78	0,48	1	0,31	0,58	0,65	0,86	0,79
$g_2$	0,95	0,73	0,3	0,42	0,67	1	0,61	0,75	1	0,43	0,42	0,88

**Вариант 13**

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
$g_1$	0,63	0,31	0,35	0,83	0,98	0,98	1	0,31	0,38	0,65	0,76	0,49
$g_2$	0,45	0,53	0,7	0,62	0,7	0,40	0,61	0,75	1	0,43	1	0,78

**Вариант 14**

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
$g_1$	0,63	0,61	0,35	0,93	0,9	0,48	1	1	0,38	0,65	0,76	0,94
$g_2$	0,85	0,73	0,93	0,82	0,75	0,70	0,61	0,75	1	0,43	0,42	0,78

**Вариант 15**

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
$g_1$	0,63	0,71	0,65	0,93	0,96	0,48	1	0,31	0,38	0,68	0,76	0,92
$g_2$	0,75	0,53	0,3	0,62	0,7	0,56	0,61	0,75	1	0,43	0,42	0,68

**Вариант 16**

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
$g_1$	0,53	0,61	0,85	0,73	0,9	0,48	1	0,51	0,38	0,65	0,76	0,94
$g_2$	0,65	0,73	0,3	0,82	0,74	0,67	0,61	0,75	1	0,43	0,52	0,78

**Вариант 17**

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
$g_1$	0,43	0,61	0,45	0,93	0,89	0,58	0,9	0,31	0,88	0,65	0,56	0,79
$g_2$	0,75	0,33	0,3	0,32	0,7	0,40	0,61	0,95	1	0,45	0,42	0,68

**Вариант 18**

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
$g_1$	0,63	0,61	0,55	0,73	0,91	0,58	1	0,31	0,58	0,65	0,76	0,89
$g_2$	0,85	0,87	0,3	0,82	0,73	0,80	0,68	0,75	1	0,83	0,42	0,78

**Вариант 19**

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
$g_1$	0,43	0,61	0,35	0,73	0,9	0,78	1	0,51	0,58	0,65	0,76	0,94
$g_2$	0,65	0,75	0,3	0,80	0,74	0,67	0,61	0,75	1	0,73	0,52	0,78



**Вариант 20**

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
$g_1$	0,43	0,87	0,45	0,93	0,89	0,58	0,9	0,56	0,88	0,65	0,56	0,75
$g_2$	0,75	0,33	0,78	0,35	0,7	0,40	0,61	0,95	1	0,88	0,42	0,68

**Задание 2.** Дайте оценку уровню качества автомобиля особо малого класса на основе сопоставления с аналогами по двум показателям качества: время разгона до достижения скорости 100 км/ч,  $t$ ; максимальный пробег на 1 л топлива,  $S$ .

Исходные данные приведены для каждого варианта.

**Вариант 1**

Изделия	Исходные показатели качества	
	$t$ , с.	$S$ , км
Оцениваемая продукция	20	16,8
Аналог № 1	15	17,2
Аналог № 2	30	16,2
Аналог № 3	14	15,6
Аналог № 4	28	17,0

**Вариант 2**

Изделия	Исходные показатели качества	
	$t$ , с.	$S$ , км
Оцениваемая продукция	30	16,8
Аналог № 1	25	18,2
Аналог № 2	30	17,2
Аналог № 3	14	15,6
Аналог № 4	28	17,0

**Вариант 3**

Изделия	Исходные показатели качества	
	$t$ , с.	$S$ , км
Оцениваемая продукция	20	15,8
Аналог № 1	15	16,2
Аналог № 2	30	15,2
Аналог № 3	14	14,6
Аналог № 4	28	16,0

**Вариант 4**

Изделия	Исходные показатели качества	
	$t$ , с.	$S$ , км
Оцениваемая продукция	20	16,8
Аналог № 1	15	17,2
Аналог № 2	14	15,6
Аналог № 3	28	17,0
Аналог № 4	30	16,2

**Вариант 5**

Изделия	Исходные показатели качества	
	$t$ , с.	$S$ , км
Оцениваемая продукция	25	17,8
Аналог № 1	15	18,2
Аналог № 2	14	15,6
Аналог № 3	28	17,0
Аналог № 4	30	16,2

**Вариант 6**

Изделия	Исходные показатели качества	
	$t$ , с.	$S$ , км
Оцениваемая продукция	20	16,8
Аналог № 1	15	17,2
Аналог № 2	14	15,6
Аналог № 3	18	17,0
Аналог № 4	25	16,2

**Вариант 7**

Изделия	Исходные показатели качества	
	$t$ , с.	$S$ , км
Оцениваемая продукция	20	16,8
Аналог № 1	15	17,2
Аналог № 2	12	14,6
Аналог № 3	28	17,0
Аналог № 4	27	16,2

**Вариант 8**

Изделия	Исходные показатели качества	
	$t$ , с.	$S$ , км
Оцениваемая продукция	20	16,8
Аналог № 1	15	17,2
Аналог № 2	14	15,6
Аналог № 3	28	18,0
Аналог № 4	25	16,2

**Вариант 9**

Изделия	Исходные показатели качества	
	$t$ , с.	$S$ , км
Оцениваемая продукция	25	16,8
Аналог № 1	15	18,2
Аналог № 2	14	15,6
Аналог № 3	28	17,0
Аналог № 4	30	17,2

**Вариант 10**

Изделия	Исходные показатели качества	
	$t$ , с.	$S$ , км
Оцениваемая продукция	25	16,8
Аналог № 1	15	17,2
Аналог № 2	14	16,6
Аналог № 3	28	18,0
Аналог № 4	30	16,2

**Вариант 11**

Изделия	Исходные показатели качества	
	$t$ , с.	$S$ , км
Оцениваемая продукция	20	18,8
Аналог № 1	18	17,2
Аналог № 2	14	15,6
Аналог № 3	28	14,0
Аналог № 4	30	16,2

**Вариант 12**

Изделия	Исходные показатели качества	
	$t$ , с.	$S$ , км
Оцениваемая продукция	20	17,8
Аналог № 1	15	18,2
Аналог № 2	14	14,6
Аналог № 3	28	16,0
Аналог № 4	30	15,2

**Вариант 13**

Изделия	Исходные показатели качества	
	$t$ , с.	$S$ , км
Оцениваемая продукция	20	17,8
Аналог № 1	15	18,2
Аналог № 2	14	16,6
Аналог № 3	28	19,0
Аналог № 4	30	17,2

**Вариант 14**

Изделия	Исходные показатели качества	
	$t$ , с.	$S$ , км
Оцениваемая продукция	20	17,8
Аналог № 1	15	17,2
Аналог № 2	14	16,6
Аналог № 3	28	18,0
Аналог № 4	25	17,2

**Вариант 15**

Изделия	Исходные показатели качества	
	$t$ , с.	$S$ , км
Оцениваемая продукция	20	16,8
Аналог № 1	15	17,2
Аналог № 2	18	15,6
Аналог № 3	28	17,0
Аналог № 4	25	16,2

**Вариант 16**

Изделия	Исходные показатели качества	
	$t$ , с.	$S$ , км
Оцениваемая продукция	20	18,8
Аналог № 1	15	17,2
Аналог № 2	18	14,6
Аналог № 3	28	17,0
Аналог № 4	25	16,2

**Вариант 17**

Изделия	Исходные показатели качества	
	$t$ , с.	$S$ , км
Оцениваемая продукция	28	15,8
Аналог № 1	15	17,2
Аналог № 2	14	15,6
Аналог № 3	25	18,0
Аналог № 4	30	16,2

**Вариант 18**

Изделия	Исходные показатели качества	
	$t$ , с.	$S$ , км
Оцениваемая продукция	28	15,8
Аналог № 1	15	18,2
Аналог № 2	18	16,6
Аналог № 3	25	17,0
Аналог № 4	30	16,2

**Вариант 19**

Изделия	Исходные показатели качества	
	$t$ , с.	$S$ , км
Оцениваемая продукция	25	16,8
Аналог № 1	15	17,2
Аналог № 2	18	16,6
Аналог № 3	20	17,0
Аналог № 4	30	16,2

**Вариант 20**

Изделия	Исходные показатели качества	
	$t$ , с.	$S$ , км
Оцениваемая продукция	25	16,8
Аналог № 1	25	17,6
Аналог № 2	18	16,6
Аналог № 3	23	17,0
Аналог № 4	30	18,2

**Задание 3.** Дайте оценку уровню качества автомобиля на основе сопоставления с аналогами используя комплексный метод средневзвешенного арифметического показателя на основании данных задания 2 по следующим показателям качества:  $a$  – ускорение при наборе скорости от 0 до 100 км/ч;  $S$  – максимальный пробег на 1 л топлива. Коэффициент весомости для этих показателей принят равными 0,4 и 0,6 соответственно.

**Задание 4.** Дайте оценку уровню качества автомобиля на основе сопоставления с аналогами используя комплексный метод средневзвешенного арифметического показателя на основании данных задания 2 по следующим показателям качества: время разгона до достижения скорости 100 км/ч,  $t$ ; расход топлива на 1 км пробега –  $v$  л/км. Коэффициент весомости для этих показателей принят равными 0,2 и 0,8 соответственно.

**Задание 5.** Дайте оценку уровню качества автомобиля на основе сопоставления с аналогами используя комплексный метод средневзвешенного геометрического показателя на основании данных задания 2 по следующим показателям качества:  $a$  – ускорение при наборе скорости от 0 до 100 км/ч;  $S$  – максимальный пробег на 1 л топлива. Коэффициент весомости для этих показателей принят равными 0,4 и 0,6 соответственно.

**Задание 6.** Дайте оценку уровню качества автомобиля на основе сопоставления с аналогами используя комплексный метод средневзвешенного геометрического показателя на основании данных задания 2 по следующим показателям качества: время разгона до достижения скорости 100 км/ч,  $t$ ; расход топлива на 1 км пробега –  $v$  л/км. Коэффициент весомости для этих показателей принят равными 0,2 и 0,8 соответственно.

**Задание 7.** Требуется оценить уровень качества продукции для четырех вариантов оцениваемой продукции. Заданы нормированные значения показателей качества аналогов и оцениваемой продукции  $x_n$  и  $y_n$ .

Исходные данные приведены для каждого варианта.

**Вариант 1**

Изделия	$x_n$	$y_n$
Аналог №1	0,9	0,77
Аналог №2	1	0,68
Аналог №3	0,61	0,75
Аналог №4	0,84	1
Аналог №5	0,78	0,62
Оцениваемая продукция №1	0,6	0,9
Оцениваемая продукция №2	0,8	0,80
Оцениваемая продукция №3	0,6	0,75
Оцениваемая продукция №4	0,9	0,9

**Вариант 2**

Изделия	$x_n$	$y_n$
Аналог №1	0,9	0,77
Аналог №2	1	0,68
Аналог №3	0,71	0,85
Аналог №4	0,84	1
Аналог №5	0,68	0,52
Оцениваемая продукция №1	0,6	0,9
Оцениваемая продукция №2	0,8	0,80
Оцениваемая продукция №3	0,6	0,75
Оцениваемая продукция №4	0,9	0,9

**Вариант 3**

Изделия	$x_n$	$y_n$
Аналог №1	1	0,68
Аналог №2	0,9	0,77
Аналог №3	0,61	0,75
Аналог №4	0,84	1
Аналог №5	0,78	0,62
Оцениваемая продукция №1	0,6	0,9

Оцениваемая продукция №2	0,8	0,80
Оцениваемая продукция №3	0,6	0,75
Оцениваемая продукция №4	0,9	0,9

**Вариант 4**

Изделия	$x_n$	$y_n$
Аналог №1	0,9	0,77
Аналог №2	1	0,68
Аналог №3	0,61	0,75
Аналог №4	0,84	1
Аналог №5	0,78	0,62
Оцениваемая продукция №1	0,7	0,9
Оцениваемая продукция №2	0,8	0,80
Оцениваемая продукция №3	0,6	0,70
Оцениваемая продукция №4	0,9	0,9

**Вариант 5**

Изделия	$x_n$	$y_n$
Аналог №1	0,9	0,77
Аналог №2	1	0,68
Аналог №3	0,71	0,85
Аналог №4	0,84	1
Аналог №5	0,78	0,65
Оцениваемая продукция №1	0,7	0,9
Оцениваемая продукция №2	0,8	0,80
Оцениваемая продукция №3	0,6	0,70
Оцениваемая продукция №4	0,9	0,9

**Вариант 6**

Изделия	$x_n$	$y_n$
Аналог №1	0,9	0,77
Аналог №2	1	0,68
Аналог №3	0,61	0,75
Аналог №4	0,84	1
Аналог №5	0,78	0,62
Оцениваемая продукция №1	0,7	0,9



Оцениваемая продукция №2	0,8	0,80
Оцениваемая продукция №3	0,6	0,70
Оцениваемая продукция №4	0,9	0,9

**Вариант 7**

Изделия	$x_n$	$y_n$
Аналог №1	0,9	0,77
Аналог №2	1	0,68
Аналог №3	0,61	0,75
Аналог №4	0,84	1
Аналог №5	0,78	0,62
Оцениваемая продукция №1	0,6	0,9
Оцениваемая продукция №2	0,7	0,80
Оцениваемая продукция №3	0,5	0,70
Оцениваемая продукция №4	0,8	0,9

**Вариант 8**

Изделия	$x_n$	$y_n$
Аналог №1	0,9	0,77
Аналог №2	1	0,68
Аналог №3	0,51	0,75
Аналог №4	0,84	1
Аналог №5	0,68	0,62
Оцениваемая продукция №1	0,7	0,8
Оцениваемая продукция №2	0,8	0,80
Оцениваемая продукция №3	0,6	0,70
Оцениваемая продукция №4	0,9	0,9

**Вариант 9**

Изделия	$x_n$	$y_n$
Аналог №1	0,9	0,87
Аналог №2	1	0,68
Аналог №3	0,61	0,65
Аналог №4	0,84	1
Аналог №5	0,78	0,72
Оцениваемая продукция №1	0,7	0,9

Оцениваемая продукция №2	0,8	0,80
Оцениваемая продукция №3	0,6	0,70
Оцениваемая продукция №4	0,9	0,9

**Вариант 10**

Изделия	$x_n$	$y_n$
Аналог №1	0,9	0,75
Аналог №2	1	0,68
Аналог №3	0,61	0,75
Аналог №4	0,84	1
Аналог №5	0,78	0,62
Оцениваемая продукция №1	0,8	0,9
Оцениваемая продукция №2	0,8	0,80
Оцениваемая продукция №3	0,6	0,70
Оцениваемая продукция №4	0,9	0,9

**Вариант 11**

Изделия	$x_n$	$y_n$
Аналог №1	0,9	0,77
Аналог №2	1	0,68
Аналог №3	0,61	0,85
Аналог №4	0,84	1
Аналог №5	0,78	0,72
Оцениваемая продукция №1	0,7	0,9
Оцениваемая продукция №2	0,8	0,80
Оцениваемая продукция №3	0,6	0,70
Оцениваемая продукция №4	0,9	0,9

**Вариант 12**

Изделия	$x_n$	$y_n$
Аналог №1	0,9	0,77
Аналог №2	1	0,68
Аналог №3	0,65	0,75
Аналог №4	0,84	1
Аналог №5	0,78	0,68
Оцениваемая продукция №1	0,7	0,9

Оцениваемая продукция №2	0,8	0,80
Оцениваемая продукция №3	0,6	0,70
Оцениваемая продукция №4	0,9	0,9

**Вариант 13**

Изделия	$x_n$	$y_n$
Аналог №1	0,9	0,87
Аналог №2	1	0,78
Аналог №3	0,61	0,75
Аналог №4	0,84	1
Аналог №5	0,68	0,52
Оцениваемая продукция №1	0,7	0,9
Оцениваемая продукция №2	0,8	0,80
Оцениваемая продукция №3	0,6	0,70
Оцениваемая продукция №4	0,9	0,9

**Вариант 14**

Изделия	$x_n$	$y_n$
Аналог №1	0,89	0,75
Аналог №2	1	0,68
Аналог №3	0,61	0,75
Аналог №4	0,84	1
Аналог №5	0,68	0,62
Оцениваемая продукция №1	0,7	0,9
Оцениваемая продукция №2	0,8	0,80
Оцениваемая продукция №3	0,6	0,70
Оцениваемая продукция №4	0,9	0,9

**Вариант 15**

Изделия	$x_n$	$y_n$
Аналог №1	0,9	0,77
Аналог №2	1	0,68
Аналог №3	0,71	0,75
Аналог №4	0,94	1
Аналог №5	0,88	0,62
Оцениваемая продукция №1	0,7	0,9

Оцениваемая продукция №2	0,8	0,80
Оцениваемая продукция №3	0,6	0,70
Оцениваемая продукция №4	0,9	0,9

**Вариант 16**

Изделия	$x_n$	$y_n$
Аналог №1	0,9	0,77
Аналог №2	1	0,68
Аналог №3	0,61	0,75
Аналог №4	0,84	1
Аналог №5	0,78	0,62
Оцениваемая продукция №1	0,6	0,9
Оцениваемая продукция №2	0,7	0,80
Оцениваемая продукция №3	0,5	0,70
Оцениваемая продукция №4	0,8	0,9

**Вариант 17**

Изделия	$x_n$	$y_n$
Аналог №1	0,9	0,77
Аналог №2	1	0,68
Аналог №3	0,71	0,75
Аналог №4	0,84	1
Аналог №5	0,8	0,62
Оцениваемая продукция №1	0,7	0,9
Оцениваемая продукция №2	0,8	0,80
Оцениваемая продукция №3	0,6	0,70
Оцениваемая продукция №4	0,9	0,9

**Вариант 18**

Изделия	$x_n$	$y_n$
Аналог №1	0,9	0,77
Аналог №2	1	0,68
Аналог №3	0,71	0,85
Аналог №4	0,84	1
Аналог №5	0,78	0,62
Оцениваемая продукция №1	0,7	0,9

Оцениваемая продукция №2	0,8	0,80
Оцениваемая продукция №3	0,5	0,70
Оцениваемая продукция №4	0,9	0,9

**Вариант 19**

Изделия	$x_n$	$y_n$
Аналог №1	0,9	0,77
Аналог №2	1	0,68
Аналог №3	0,71	0,85
Аналог №4	0,84	1
Аналог №5	0,78	0,62
Оцениваемая продукция №1	0,7	0,9
Оцениваемая продукция №2	0,8	0,80
Оцениваемая продукция №3	0,5	0,70
Оцениваемая продукция №4	0,9	0,9

**Вариант 20**

Изделия	$x_n$	$y_n$
Аналог №1	0,9	0,77
Аналог №2	1	0,68
Аналог №3	0,71	0,85
Аналог №4	0,84	1
Аналог №5	0,78	0,62
Оцениваемая продукция №1	0,7	0,9
Оцениваемая продукция №2	0,8	0,80
Оцениваемая продукция №3	0,5	0,70
Оцениваемая продукция №4	0,9	0,9

**Вопросы для самоконтроля**

1. Что такое уровень качества?
2. Что такое технический уровень качества?
3. В чем заключается оценка уровня качества продукции?
4. Перечислите этапы проведения оценки уровня качества продукции?
5. Как выбираются базовые образцы для сравнения показателей?
6. Какие экспертные методы оценки уровня качества вы знаете?
7. Для оценки уровня качества продукции, по каким показателям качества используется обобщенный дифференциальный метод?
8. Какие показатели называют позитивными? Приведите примеры.
9. Какие показатели называют негативными? Приведите примеры.
10. Какие показатели называют базовыми?
11. В суть дифференциального экспертного метода оценки уровня качества?

Задача повышения качества продукции является одной из главных как в нашей стране, так и за рубежом. Значимость этой задачи в ближайшем будущем, без сомнения, еще больше возрастет, что объясняется рядом причин, вытекающих из уровня производительных сил, состояния и перспектив развития экономики.

Но для того чтобы улучшить качество, нужно, прежде всего, уметь его количественно определять, так как применение численных методов – одна из важнейших предпосылок правильности принимаемых управляющих решений.

Оценка качества – первый и основной этап системы управления качеством. Для решения вопросов организации и внедрения государственной системы управления качеством, включающей вопросы планирования, прогнозирования, оптимизации и другие, необходимо разработать объективные методы оценки качества. Причем в первую очередь – методы комплексной оценки, потребность в которых становится все более настоятельной. Вызвана она целым рядом серьезных причин и главным образом необходимостью оценки продукции до поступления ее в сферу распределения.

В начале квалиметрия определялась как наука об измерении и оценке качества продукции. И это было вполне естественно, потому что проблема качества народнохозяйственной продукции – одна из важнейших проблем.

В настоящее время комплексные количественные оценки качества все больше и больше внедряются в различные сферы человеческой деятельности. В отечественной и зарубежной научно-технической, научно-популярной и даже общественно-политической литературе все чаще затрагиваются проблемы комплексной оценки качества разного рода объектов, не являющихся продуктами труда, или оценки качества протекания различных процессов.

Существующие сейчас методики оценки качества (несмотря на то, что объект оценки у них самый разнородный) характеризуются внутренним единством. Оно заключается в том, что эти методики базируются на общих принципах квалиметрии.

Поэтому целесообразно поставить вопрос о едином фронте работ исследователей, занимающихся проблемой оценки качества в самых различных областях народного хозяйства, что, несомненно, будет способствовать повышению научного уровня таких исследований. Кроме того, расширение сферы квалиметрии поможет подвести научную базу под целый комплекс методов решения задач по оценке качества различных процессов и предметов, не являющихся продуктами труда, что, безусловно, будет иметь большое народнохозяйственное значение.

Следовательно, есть основания утверждать, что в настоящее время квалиметрия начинает объединять не только методы оценки качества различных видов продукции, но и методы оценки качества предметов, не являющихся продукцией, и также различных процессов.

В заключение необходимо отметить, несмотря на это, сегодня еще рано утверждать, что сложилась стройная теория квалиметрии. Слишком небольшой срок прошел с момента ее зарождения, слишком серьезен объект исследования. Однако правомерно и необходимо говорить уже теперь об ориентации данного научного направления, о принципах и подходах к оценке качества, о главных, узловых проблемах, на решение которых должны быть направлены усилия специалистов.

В настоящее время квалиметрия достигла такой стадии развития, когда внутри нее явственно начинают выделяться две ветви: теоретическая и прикладная.

Теоретическая квалиметрия абстрагируется от конкретных объектов (предметов или процессов) и изучает только общие закономерности и математические модели, связанные с оценкой качества. Объектом теоретической квалиметрии являются философские и методологические проблемы количественной оценки качества. Задача прикладной квалиметрии – разработка конкретных методик и математических моделей для оценки качества конкретных объектов разного вида и назначения.



**БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК**

1. ГОСТ 15467-79 Управление качеством продукции. Основные понятия. Термины и определения.
2. ГОСТ 22851-77 Выбор номенклатуры показателей качества промышленной продукции
3. РД 50-64-84 Методические указания по разработке государственных стандартов, устанавливающих номенклатуру показателей качества групп однородной продукции
4. РД 50-149-79 Методические указания по оценке технического уровня и качества промышленной продукции
5. ГОСТ 2.116-84 Карта технического уровня и качества продукции
6. ГОСТ Р 52107-2003 Ресурсосбережение. Классификация и определение показателей
7. ГОСТ 27.003-90 Надежность в технике. Состав и общие правила задания требований по надежности
8. ГОСТ 27.002-89 Надежность в технике. Основные понятия. Термины и определения.
9. Р 50-601-24-92 Рекомендации. Выбор номенклатуры показателей безопасности продукции, подлежащей сертификации.
10. Азгальдов Г.Г. Построение дерева показателей свойств объекта // Стандарты и качество, 1994, № 11, с. 28.
11. Фомин В.Н. Квалиметрия. Управление качеством сертификации [Текст]: учебное пособие. – М.: Ось-89, 2002. 380 с.
12. Азгальдов Г.Г., Райхман Э.П. О квалиметрии [Текст]. Изд-во стандартов, 1972. 172 с.
13. Мишин В.М. Управление качеством [Текст]: учебное пособие для вузов. – М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2000. 3030 с.
14. Шишкин И.Ф. Метрология, стандартизация и управление качеством [Текст]: Учебник для вузов / Под ред. акад.Н.С. Соломенко. - М.: Изд-во стандартов, 1990. 342 с., ил.
15. Шишкин И.Ф. Основы метрологии, стандартизации и контроля качества [Текст]: Учебное пособие. - М.: Изд-во стандартов, 1987. 320 с.: ил.
16. Шишкин И.Ф. Теоретическая метрология [Текст]: Учебник для

вузов. - М.: Изд-во стандартов, 1991. 492 с.

17. Шишкин И.Ф., Станякин В.М. Квалиметрия и управление качеством [Текст]: Учебник для вузов. М.: Изд-во ВЗПИ, 1992. 350 с.

18. Андрианов Ю.М., Суббето А.П. Квалиметрия в приборостроении и машиностроении [Текст].- Л.: Машиностроение, 1990. 490 с.

19. Квалиметрия в машиностроении [Текст] / Р.М. Хвастунов, А.Н. Феофанов, В.М. Корнеева, Е.Г. Нахапетян. – М.: Издательство «Экзамен», 2009. 285 с.

20.

196  
ИТОГОВЫЙ ТЕСТ

**1. Квалиметрия изучает:**

- а) проектирование продукции;
- б) проблемы оценки качества продукции;
- в) жизненный цикл продукции;
- г) качество методов измерения.

**2. Какие показатели характеризуют только одно из свойств продукции?**

- а) эргономические;
- б) единичные;
- в) эстетические;
- г) экономические.

**3. Показатели назначения характеризуют:**

- а) полезный эффект от использования продукции;
- б) степень применения стандартизированных блоков, сборочных единиц;
- в) способность выполнять требуемые функции в заданных режимах.

**4. Сущность оценки уровня качества продукции заключается:**

- а) в установлении технического уровня качества продукции;
- б) в определении экономического эффекта;
- в) в определении интегрального показателя оценки качества продукции.

**5. Квалиметрия – это:**

- а) область науки, предметом которой являются количественные методы оценки качества продукции;
- б) область науки, изучающая особенности измерительных средств;
- в) область науки, изучающая характеристики физических величин;
- г) область науки, изучающая правила и закономерности измерений.

**6. Эстетические показатели качества продукции характеризуют:**

- а) эстетические свойства продукции
- б) свойства состава и структуры или конструкции продукции
- в) свойства продукции, определяющие основные функции, для выполнения которых она предназначена
- г) удобство и комфорт потребления изделия

**7. Расчётный метод определения показателей качества основан на:**

- а) использовании теоретических и эмпирических зависимостей показателей качества продукции от её параметров;
- б) наблюдении и подсчёте числа определённых событий;
- в) основе использования технических средств измерений;
- г) сборе и анализе суждений о качестве фактических или возможных потребителей продукции.

**8. Свойство продукции – это:**

- а) объективная особенность продукции, которая может проявляться при её создании, эксплуатации или потреблении;
- б) особенность продукции изменять свои свойства;
- в) особенность продукции, позволяющая сохранять свои свойства в течение определённого времени;
- г) способность продукции изменять свои характеристики.

**9. Техничко-эксплуатационные показатели качества продукции характеризуют её:**

- а) технические, эксплуатационные и потребительские свойства;
- б) безотказность, ремонтпригодность;
- в) внешний вид продукции;
- г) трудоёмкость, материалоёмкость.

**10. В основе оценки уровня качества продукции лежит:**

- а) сравнение совокупности показателей качества этой продукции с соответствующей совокупностью показателей качества базового образца;

- б) сравнение показателей безопасности и транспортабельности;
- в) сравнение показателей технологичности и стандартизации;
- г) сравнение показателей назначения и технологичности.

***11. Показатели транспортабельности характеризуют:***

- а) приспособленность продукции к транспортированию без её использования или потребления;
- б) степень обновления технических решений;
- в) уровень вредных воздействий на окружающую среду;
- г) затраты, связанные с улучшением тех или иных показателей продукции.

***12. Регистрационный метод определения показателей качества основан на:***

- а) наблюдении и подсчёте числа определённых событий, предметов или затрат;
- б) подсчёте числа определённых событий;
- в) наблюдении числа определённых предметов;
- г) наблюдении и подсчёте числа определённых событий.

***13. Показатель качества продукции – это:***

- а) количественная характеристика одного или нескольких свойств продукции, составляющих ее качество, рассматриваемая применительно к определенным условиям ее создания, эксплуатации и потребления;
- б) качественная характеристика одного или нескольких свойств продукции, составляющих ее качество, рассматриваемая применительно к определенным условиям ее создания, эксплуатации и потребления;
- в) количественная характеристика одного свойства продукции, составляющих ее качество, рассматриваемая применительно к определенным условиям ее создания;
- г) качественная характеристика нескольких свойств продукции, составляющих ее качество, рассматриваемая применительно к определенным условиям ее создания.

**14. Какой показатель характеризует совместно несколько простых свойств или одно сложное свойство продукции (включающее нескольких простых)?**

- а) относительный;
- б) единичный;
- в) комплексный;
- г) базовый.

**15. Какие из перечисленных показателей не выделяют при проведении оценки уровня качества?**

- а) классификационные;
- б) ограничительные;
- в) оценочные;
- г) назначения.

**16. Позитивный оценочный показатель характеризуется:**

- а) уменьшением значения показателя при повышении качества продукции;
- б) увеличением значения показателя при повышении качества продукции;
- в) увеличением значения показателя при понижении качества продукции.

**17. Какой метод оценки уровня качества следует применить, если целесообразно характеризовать уровень качества одним показателем?**

- а) дифференциальный;
- б) обобщенный;
- в) комплексный;
- г) ранжирования.

**18. Какая из перечисленных видов продукция относится к группе «расходные изделия»?**

- а) гравий;
- б) нить в бобинах;

- в) радиотехнические материалы;
- г) шайбы.

**18. Какая из перечисленных видов продукция относится к группе «неремонтируемые изделия»?**

- а) гравий;
- б) нить в бобинах;
- в) радиотехнические материалы;
- г) шайбы.

**19. Какой из перечисленных показателей характеризует «долговечность» объекта?**

- а) срок службы;
- б) интенсивность отказов;
- в) коэффициент аварийного простоя;
- г) назначенный срок хранения.

**19. Какой из перечисленных показателей характеризует «ремонтпригодность» объекта?**

- а) срок службы;
- б) интенсивность отказов;
- в) коэффициент аварийного простоя;
- г) назначенный срок хранения.

**20. Какой из перечисленных показателей характеризует антропометрические свойства изделия?**

- а) показатель соответствия конструкции изделия размерам человека;
- б) показатель целостности композиции;
- в) показатель рациональности формы;
- г) показатель соответствия изделия силовым возможностям человека.

**21. Какие из перечисленных показателей не относятся к показателям, характеризующим надежность изделия?**

- а) безотказность;
- б) долговечность;
- в) ремонтпригодность;
- г) сохраняемость;
- д) технологичность.

**22. Коэффициент конкордации применяется при:**

- а) оценке уровня качества продукции;
- б) оценке согласованности экспертных данных;
- в) определении комплексного показателя;
- г) формировании показателей качества.

**23. Нарушение исправного состояния изделия при сохранении работоспособности:**

- а) отказ,
- б) повреждение,
- в) унификация.

**24. Трудоемкость – это показатель качества:**

- а) экономический,
- б) эргономический,
- в) производственно-технологический.

**25. Свойство изделия сохранять во времени в установленных пределах значения всех параметров, характеризующих его способность выполнять требуемые функции:**

- а) показатель назначения,
- б) показатель надёжности,
- в) показатель стандартизации.



## Спецификация сборочного чертежа вала приводного

Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
				Документация		
			ПЛК22.02.02.00.00.СБ	Сборочный чертеж		
				Детали		
		1	ПЛК22.02.02.00.01	Барaban	1	
		2	ПЛК22.02.02.00.02	Вал	1	
		3	ПЛК22.02.02.00.03	Втулка	2	
		4	ПЛК22.02.02.00.04	Втулка	1	
		5	ПЛК22.02.02.00.05	Корпус	2	
		6	ПЛК22.02.02.00.06	Крышка	1	
		7	ПЛК22.02.02.00.07	Крышка	3	
		8	ПЛК22.02.02.00.08	Прокладка	4	
				Стандартные изделия		
				Болты ГОСТ 7798-70		
		15		М6х16	1	
		16		М10х60	8	
		17		Гайка М10.5	8	
				ГОСТ 5915-70		
		18		Винт М6х12	1	
				ГОСТ Р50383-92		

	20	Манжета 1.1-50x70-1 ГОСТ 8752-97	3
	21	Муфта целная 500-40-1.1-УЗ ГОСТ 20884-81	1
	22	Подшипник 1209 ГОСТ 5720-75	2
	23	Шайбы ГОСТ 6402-70 6.65Г	8
	24	10.65Г	
	27	Штифт 4п6x12 ГОСТ 3128-70	1
	28	Шайба 7019-0629 ГОСТ 14734-69	1
	30	Шпонки ГОСТ 23360-78 12x8x70	1
	31	18x11x70	1
	32	Кольца ГОСТ 13942-80 А45	1
	33	А90	1

Таблица применяемости показателей качества промышленной продукции

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

Наименование групп показателей качества продукции	Подгруппы продукции				
	Сырье и природное топливо	Материалы и продукты	Расходные изделия	Неремонтируемые изделия	Ремонтируемые изделия
Показатели патентно-правовые	-	(+)*	+	+	+
Экологические показате-	(+)*	(+)*	(+)*	(+)*	(+)*
Показатели безопасно-	(+)*	(+)*	(+)*	(+)*	(+)*

*Примечание:* (+) – обозначает применяемость, (-) – не применяемость, (+)\* – ограниченную применяемость соответствующих показателей качества.

## Классификация технических устройств

Конструктивные особенности изделия	1. Неремонтируемые	Продолжительность эксплуатации	1. До отказа изделия
			2. до отказа изделия или до предельного состояния
			3. До окончания выполнения им требуемой функции
		Режим использования по назначению	1. Непрерывный
			2. Прерывисто-регулярный
			3. Прерывисто-случайный
	Доминирующий фактор при оценке последствий отказа	1. Отказ	
		2. Выполнение или невыполнение изделием заданных функций в заданном объеме	
	2. Ремонтируемые	Продолжительность эксплуатации	1. До первого отказа
			2. До первого отказа или до предельного состояния
			3. До первого отказа или до окончания выполнения требуемых функций
			4. До предельного состояния
			5. До предельного состояния или до окончания выполнения требуемых функций в режиме работы
		Режим использования по назначению	1. Непрерывный
2. Прерывисто-регулярный			
3. Прерывисто-случайный			
Доминирующий фактор при оценке последствий отказа		1. Отказ независимо от длительности простоя	
		2. Выполнение или невыполнение изделием заданных функций в заданном объеме	
		3. Вынужденный простой	
		4. Отказ и вынужденный простой	
		5. Выполнение или невыполнение изделием заданных функций в заданном объеме в произвольном моменте начала режима работы	

Таблица выбора основных показателей надежности  
по классификационному шифру изделий

Номер группы	Классификационный шифр группы изделия	Основные показатели надежности
1	1111 1121 1131 2111 2121 2131	$T_{cp}^*$ – средняя наработка до первого отказа
2	1211 1221 1231 2211 2221 2231	$T_{cp}^*$ – условная средняя наработка до первого отказа; $T_{\delta}$ – ресурс или $T_{сл}$ – срок службы.
3	1222 2222	$P(t_p)$ – вероятность безотказной работы; $T_{\delta}$ или $T_{сл}$
4	1312 1312	$P(t_p)$ – вероятность безотказной работы; $T_{\delta}$ или $T_{сл}$ .
5	2411 2421 2431	$\varphi(t)$ – среднее значение параметров отказов или $T$ – наработка на отказ; $T_{\delta}$ или $T_{сл}$ .
6	2413	$K_{т.и.}$ – коэффициент технического использования; $T_{\delta}$ или $T_{сл}$ .
7	2423 2433	$K_2$ – коэффициент готовности; $T_{\delta}$ или $T_{сл}$ .
8	2414	$K_2$ и $\varphi(t)$ или $T$ ; $T_{\delta}$ или $T_{сл}$ .

Номер группы	Классификационный шифр группы изделия	Основные показатели надежности
9	2424	$K_2$ и $\varphi(t)$ или $T$ ; $T_\delta$ или $T_{сл}$ .
10	2415 2425 2435 2515 2525 2535	$K_{o.г.}$ – коэффициент оперативной готовности; $T_\delta$ или $T_{сл}$ .

## Многоуровневая структура показателей надежности

Надежность	Безотказность	Наработка на отказ	
		Интенсивность отказов	
		Параметр потока отказов	
			Вероятность безотказной работы в течение времени $t$
			Средняя наработка на отказ
			Среднее время обнаружения неисправностей
	Ремонтопригодность		Среднее время (стоимость) выполнения ремонта
			Средняя стоимость технического обслуживания
			$\gamma$ -процент сохранения при хранении
	Сохраняемость		$\gamma$ -процент сохранения при транспортировке
			$\gamma$ -процентный ресурс
	Долговечность		$\gamma$ -процентный срок службы до списания



## «Дерево показателей» качества холодильника

Качество в целом	Показатели надежности	Срок службы			
		Вероятность безотказной работы			
		Показатели функциональной и технической эффективности	Производительность получения пищевого льда		
	Показатели назначения		Мощность замораживания		
		Конструктивные показатели	Вес		
			Габаритные размеры	Длина	
				Высота	
				Ширина	
	Показатели безопасности	Коэффициент электробезопасности			
	Показатели экономичности расходов ресурсов	Удельный расход электроэнергии			

## Перечень промышленной продукции

Вариант	Наименование продукции
1	Миксер
2	Ацетон
3	Бумага типографская
4	Ветчина
5	Гравий
6	Ацетон в бутылках емкостью 1 литр
7	Грецкие орехи
8	Деревянные рамы
9	Дрова
10	Замороженное мясо
11	Текстильная нить в бабинах
12	Кожа
13	Пластмасса
14	Изделия из хрусталя
15	Картофель
16	Подшипники
17	Керосин
18	Кирпич
19	Комбайны
20	Чай
21	Фасованная мороженая рыба
22	Компьютеры
23	Краска малярная
24	Мебель
25	Металлические трубы
26	Мех
27	Музыкальные инструменты
28	Нитрокраска
29	Мясные консервы
30	Обувь

Вариант	Наименование продукции
31	Паркет
32	Парфюмерия
33	Сахарный песок
34	Слесарные инструменты
35	Стиральный порошок
36	Насос вакуумный
37	Телевизоры
38	Химические удобрения
39	Цемент
40	Электрические приборы
41	Соль каменная
42	Фотопленка
43	Печенье, фасованное в коробке
44	Духи
45	Упаковка анальгина
46	Трактор
47	Мрамор
48	Нефть в цистерне
49	Предохранитель
50	Строительные материалы

## Перечень технических изделий

Номер варианта	Наименование изделия
1	Радиоприемник
2	Холодильник
3	Стиральная машина
4	Магнитофон
5	Электропроигрыватель
6	Утюг
7	Телефон
8	Автомобиль легкой
9	Радиоэлектронные элементы для бытовой аппаратуры
10	Пишущая машинка
11	Компьютер
12	Радиоэлектронное оборудование самолета
13	Электронно-вычислительная машина
14	Приборы для научных исследований
15	Контрольно-измерительные приборы, используемые в учебных целях
16	Весы торговые
17	Велосипед
18	Счетно-вычислительная машина
19	Микроволновая печь
20	Весы бытовые настольные
21	Плеер
22	Кондиционер
23	Плита газовая
24	Принтер
25	Чайник электрический

Значения критерия  $\chi^2$ 

Число степеней свободы	Уровень значимости					
	0.250	0.100	0.050	0.025	0.010	.005
1	1.32330	2.70554	3.84146	5.02389	6.63490	7.87944
2	2.77259	4.60517	5.99146	7.37776	9.21034	10.59663
3	4.10834	6.25139	7.81473	9.34840	11.34487	12.83816
4	5.38527	7.77944	9.48773	11.14329	13.27670	14.86026
5	6.62568	9.23636	11.07050	12.83250	15.08627	16.74960
6	7.84080	10.64464	12.59159	14.44938	16.81189	18.54758
7	9.03715	12.01704	14.06714	16.01276	18.47531	20.27774
8	10.21885	13.36157	15.50731	17.53455	20.09024	21.95495
9	11.38875	14.68366	16.91898	19.02277	21.66599	23.58935
10	12.54886	15.98718	18.30704	20.48318	23.20925	25.18818
11	13.70069	17.27501	19.67514	21.92005	24.72497	26.75685
12	14.84540	18.54935	21.02607	23.33666	26.21697	28.29952
13	15.98391	19.81193	22.36203	24.73560	27.68825	29.81947
14	17.11693	21.06414	23.68479	26.11895	29.14124	31.31935
15	18.24509	22.30713	24.99579	27.48839	30.57791	32.80132
16	19.36886	23.54183	26.29623	28.84535	31.99993	34.26719
17	20.48868	24.76904	27.58711	30.19101	33.40866	35.71847
18	21.60489	25.98942	28.86930	31.52638	34.80531	37.15645
19	22.71781	27.20357	30.14353	32.85233	36.19087	38.58226
20	23.82769	28.41198	31.41043	34.16961	37.56623	39.99685
21	24.93478	29.61509	32.67057	35.47888	38.93217	41.40106
22	26.03927	30.81328	33.92444	36.78071	40.28936	42.79565
23	27.14134	32.00690	35.17246	38.07563	41.63840	44.18128
24	28.24115	33.19624	36.41503	39.36408	42.97982	45.55851
25	29.33885	34.38159	37.65248	40.64647	44.31410	46.92789

Исходные данные для выполнения задания 3 по вариантам (см. п. 4)

**Вариант 1**

№ объекта экспертизы	1	2	3	4	5	6
<b>1-ый эксперт</b>						
1	X	1	1	4	1	6
2		X	2	4	5	2
3			X	3	3	3
4				X	5	4
5					X	6
6						X
<b>2-ой эксперт</b>						
1	X	1	1	1	1	1
2		X	3	2	5	6
3			X	3	5	3
4				X	4	4
5					X	6
6						X
<b>3-ий эксперт</b>						
1	X	2	1	4	1	1
2		X	2	4	2	2
3			X	4	5	6
4				X	4	6
5					X	5
6						X
<b>4-ый эксперт</b>						
1	X	1	3	1	1	1
2		X	2	2	2	2
3			X	4	3	6
4				X	5	4
5					X	6
6						X
<b>5-ый эксперт</b>						
1	X	2	3	4	1	1
2		X	2	2	2	2
3			X	3	5	3
4				X	5	4
5					X	5
6						X

**Вариант 2**

№ объекта экспертизы	1	2	3	4	5	6
<b>1-ый эксперт</b>						
1	X	1	1	4	5	1
2		X	2	2	2	2
3			X	3	5	3
4				X	4	6
5					X	6
6						X
<b>2-ой эксперт</b>						
1	X	1	1	1	5	6
2		X	2	4	2	2
3			X	3	3	3
4				X	4	4
5					X	6
6						X
<b>3-ий эксперт</b>						
1	X	1	1	1	1	1
2		X	2	2	2	2
3			X	3	5	3
4				X	4	4
5					X	5
6						X
<b>4-ый эксперт</b>						
1	X	1	1	4	1	1
2		X	2	2	5	6
3			X	3	5	3
4				X	4	6
5					X	6
6						X
<b>5-ый эксперт</b>						
1	X	2	1	4	5	1
2		X	2	2	2	2
3			X	3	5	3
4				X	4	4
5					X	5
6						X

**Вариант 3**

№ объекта экспертизы	1	2	3	4	5	6
<b>1-ый эксперт</b>						
1	X	1	1	4	1	1
2		X	2	2	2	2
3			X	3	5	3
4				X	5	4
5					X	5
6						X
<b>2-ой эксперт</b>						
1	X	2	1	4	1	1
2		X	3	2	5	2
3			X	3	3	3
4				X	4	6
5					X	6
6						X
<b>3-ий эксперт</b>						
1	X	2	1	4	1	1
2		X	2	4	2	6
3			X	4	3	6
4				X	4	6
5					X	6
6						X
<b>4-ый эксперт</b>						
1	X	1	3	1	1	6
2		X	2	4	2	2
3			X	4	3	6
4				X	5	4
5					X	6
6						X
<b>5-ый эксперт</b>						
1	X	2	1	4	1	1
2		X	2	2	5	2
3			X	3	5	3
4				X	5	6
5					X	6
6						X



**Вариант 4**

№ объекта экспертизы	1	2	3	4	5	6
<b>1-ый эксперт</b>						
1	X	1	3	4	1	6
2		X	2	4	5	2
3			X	3	5	3
4				X	4	6
5					X	6
6						X
<b>2-ой эксперт</b>						
1	X	2	1	1	5	1
2		X	3	2	2	2
3			X	3	5	3
4				X	4	4
5					X	5
6						X
<b>3-ий эксперт</b>						
1	X	2	1	4	1	1
2		X	2	2	2	2
3			X	4	5	3
4				X	4	4
5					X	5
6						X
<b>4-ый эксперт</b>						
1	X	1	3	1	1	6
2		X	2	2	2	2
3			X	4	3	3
4				X	5	4
5					X	6
6						X
<b>5-ый эксперт</b>						
1	X	2	3	4	1	6
2		X	2	2	2	6
3			X	3	5	3
4				X	5	4
5					X	6
6						X

**Вариант 5**

№ объекта экспертизы	1	2	3	4	5	6
<b>1-ый эксперт</b>						
1	X	2	1	4	1	6
2		X	3	4	5	6
3			X	3	5	3
4				X	5	4
5					X	5
6						X
<b>2-ой эксперт</b>						
1	X	1	3	1	1	1
2		X	3	2	5	6
3			X	3	5	3
4				X	4	4
5					X	5
6						X
<b>3-ий эксперт</b>						
1	X	2	3	4	1	1
2		X	2	4	2	2
3			X	3	5	3
4				X	4	6
5					X	5
6						X
<b>4-ый эксперт</b>						
1	X	1	3	1	1	1
2		X	3	2	2	2
3			X	4	3	3
4				X	5	4
5					X	5
6						X
<b>5-ый эксперт</b>						
1	X	2	3	4	5	1
2		X	2	4	2	2
3			X	3	5	3
4				X	5	4
5					X	6
6						X

**Вариант 6**

№ объекта экспертизы	1	2	3	4	5	6
<b>1-ый эксперт</b>						
1	X	1	1	1	5	1
2		X	2	2	2	2
3			X	3	5	3
4				X	4	4
5					X	6
6						X
<b>2-ой эксперт</b>						
1	X	1	3	1	5	6
2		X	2	4	5	2
3			X	3	3	3
4				X	4	6
5					X	6
6						X
<b>3-ий эксперт</b>						
1	X	2	1	1	1	1
2		X	2	2	2	2
3			X	3	5	3
4				X	4	4
5					X	5
6						X
<b>4-ый эксперт</b>						
1	X	2	1	4	1	1
2		X	2	2	5	6
3			X	3	5	3
4				X	4	6
5					X	6
6						X
<b>5-ый эксперт</b>						
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

**Вариант 7**

№ объекта экспертизы	1	2	3	4	5	6
<b>1-ый эксперт</b>						
1	X	1	1	1	1	1
2		X	2	2	5	2
3			X	3	5	3
4				X	5	6
5					X	6
6						X
<b>2-ой эксперт</b>						
1	X	2	1	4	1	6
2		X	3	4	5	2
3			X	3	3	3
4				X	4	6
5					X	6
6						X
<b>3-ий эксперт</b>						
1	X	2	1	1	1	1
2		X	2	4	2	6
3			X	4	3	4
4				X	4	6
5					X	6
6						X
<b>4-ый эксперт</b>						
1	X	1	3	1	1	6
2		X	2	2	2	2
3			X	4	3	6
4				X	5	4
5					X	6
6						X
<b>5-ый эксперт</b>						
1	X	2	1	1	1	1
2		X	2	2	5	2
3			X	3	5	6
4				X	5	6
5					X	5
6						X

**Вариант 8**

№ объекта экспертизы	1	2	3	4	5	6
<b>1-ый эксперт</b>						
1	X	1	3	1	1	6
2		X	2	2	5	2
3			X	3	5	3
4				X	4	4
5					X	6
6						X
<b>2-ой эксперт</b>						
1	X	2	1	1	5	1
2		X	3	2	2	2
3			X	3	5	3
4				X	4	4
5					X	5
6						X
<b>3-ий эксперт</b>						
1	X	2	1	4	1	6
2		X	2	2	2	2
3			X	4	5	3
4				X	4	4
5					X	6
6						X
<b>4-ый эксперт</b>						
1	X	1	3	1	1	6
2		X	2	2	2	2
3			X	4	5	3
4				X	5	4
5					X	6
6						X
<b>5-ый эксперт</b>						
1	X	2	3	4	1	6
2		X	2	4	2	6
3			X	3	5	3
4				X	5	4
5					X	6
6						X

**Вариант 9**

№ объекта экспертизы	1	2	3	4	5	6
<b>1-ый эксперт</b>						
1	X	1	3	1	1	1
2		X	2	2	5	2
3			X	3	3	3
4				X	4	4
5					X	5
6						X
<b>2-ой эксперт</b>						
1	X	2	1	4	5	1
2		X	3	2	2	2
3			X	3	5	3
4				X	4	4
5					X	5
6						X
<b>3-ий эксперт</b>						
1	X	2	1	4	1	1
2		X	2	2	2	2
3			X	4	5	3
4				X	4	4
5					X	5
6						X
<b>4-ый эксперт</b>						
1	X	1	3	1	1	6
2		X	2	2	2	2
3			X	4	5	3
4				X	5	4
5					X	5
6						X
<b>5-ый эксперт</b>						
1	X	2	1	4	1	1
2		X	2	4	2	2
3			X	3	5	3
4				X	5	4
5					X	6
6						X

**Вариант 10**

№ объекта экспертизы	1	2	3	4	5	6
<b>1-ый эксперт</b>						
1	X	1	1	1	1	1
2		X	2	4	5	2
3			X	3	3	3
4				X	5	4
5					X	5
6						X
<b>2-ой эксперт</b>						
1	X	1	3	1	1	1
2		X	3	2	5	2
3			X	3	5	3
4				X	4	4
5					X	5
6						X
<b>3-ий эксперт</b>						
1	X	2	1	1	1	1
2		X	2	2	2	2
3			X	4	5	6
4				X	4	4
5					X	5
6						X
<b>4-ый эксперт</b>						
1	X	1	3	1	1	1
2		X	2	4	2	2
3			X	4	3	3
4				X	4	4
5					X	5
6						X
<b>5-ый эксперт</b>						
1	X	2	1	4	1	1
2		X	2	2	2	2
3			X	3	5	3
4				X	5	4
5					X	5
6						X

**Вариант 11**

№ объекта экспертизы	1	2	3	4	5	6
<b>1-ый эксперт</b>						
1	X	2	1	4	5	1
2		X	2	2	5	2
3			X	3	5	3
4				X	4	6
5					X	6
6						X
<b>2-ой эксперт</b>						
1	X	2	1	1	5	6
2		X	2	4	2	2
3			X	3	3	6
4				X	4	4
5					X	6
6						X
<b>3-ий эксперт</b>						
1	X	2	1	1	1	1
2		X	2	2	2	2
3			X	3	5	3
4				X	4	6
5					X	5
6						X
<b>4-ый эксперт</b>						
1	X	1	3	4	1	1
2		X	2	2	5	6
3			X	3	5	3
4				X	4	6
5					X	6
6						X
<b>5-ый эксперт</b>						
1	X	2	1	1	5	1
2		X	2	3	2	2
3			X	3	5	3
4				X	4	4
5					X	5
6						X



**Вариант 12**

№ объекта экспертизы	1	2	3	4	5	6
<b>1-ый эксперт</b>						
1	X	1	1	1	1	1
2		X	2	2	2	2
3			X	3	5	3
4				X	5	4
5					X	5
6						X
<b>2-ой эксперт</b>						
1	X	2	1	4	1	1
2		X	3	2	5	2
3			X	3	3	6
4				X	4	6
5					X	5
6						X
<b>3-ий эксперт</b>						
1	X	2	1	4	1	1
2		X	2	4	2	6
3			X	4	3	3
4				X	4	6
5					X	6
6						X
<b>4-ый эксперт</b>						
1	X	1	1	1	1	6
2		X	2	4	2	2
3			X	4	5	6
4				X	5	4
5					X	6
6						X
<b>5-ый эксперт</b>						
1	X	2	1	4	1	6
2		X	2	2	5	2
3			X	3	5	3
4				X	5	6
5					X	6
6						X

**Вариант 13**

№ объекта экспертизы	1	2	3	4	5	6
<b>1-ый эксперт</b>						
1	X	1	3	4	1	1
2		X	2	2	5	2
3			X	3	5	3
4				X	4	6
5					X	6
6						X
<b>2-ой эксперт</b>						
1	X	2	1	1	1	1
2		X	3	2	2	2
3			X	3	5	3
4				X	4	4
5					X	5
6						X
<b>3-ий эксперт</b>						
1	X	2	1	4	1	1
2		X	2	2	2	2
3			X	4	5	6
4				X	4	4
5					X	5
6						X
<b>4-ый эксперт</b>						
1	X	1	3	1	1	1
2		X	2	2	2	2
3			X	4	3	3
4				X	5	4
5					X	6
6						X
<b>5-ый эксперт</b>						
1	X	2	1	4	1	1
2		X	2	2	2	6
3			X	3	5	3
4				X	5	4
5					X	5
6						X

**Вариант 14**

№ объекта экспертизы	1	2	3	4	5	6
<b>1-ый эксперт</b>						
1	X	2	1	4	1	6
2		X	3	4	5	6
3			X	3	5	6
4				X	5	6
5					X	6
6						X
<b>2-ой эксперт</b>						
1	X	1	3	1	1	6
2		X	3	2	5	6
3			X	3	5	6
4				X	4	6
5					X	6
6						X
<b>3-ий эксперт</b>						
1	X	2	3	4	1	6
2		X	2	4	2	6
3			X	3	5	6
4				X	4	6
5					X	6
6						X
<b>4-ый эксперт</b>						
1	X	1	3	1	1	6
2		X	3	2	2	6
3			X	4	3	6
4				X	5	6
5					X	6
6						X
<b>5-ый эксперт</b>						
1	X	2	3	4	5	6
2		X	2	4	2	6
3			X	3	5	6
4				X	5	6
5					X	6
6						X

**Вариант 15**

№ объекта экспертизы	1	2	3	4	5	6
<b>1-ый эксперт</b>						
1	X	1	1	1	5	1
2		X	2	2	5	2
3			X	3	5	3
4				X	5	4
5					X	5
6						X
<b>2-ой эксперт</b>						
1	X	1	3	1	5	6
2		X	2	4	5	2
3			X	3	5	3
4				X	5	6
5					X	5
6						X
<b>3-ий эксперт</b>						
1	X	2	1	1	5	1
2		X	2	2	5	2
3			X	3	5	3
4				X	5	4
5					X	5
6						X
<b>4-ый эксперт</b>						
1	X	2	1	4	5	1
2		X	2	2	5	6
3			X	3	5	3
4				X	4	6
5					X	5
6						X
<b>5-ый эксперт</b>						
1	X	2	1	4	5	1
2		X	2	2	5	2
3			X	4	5	3
4				X	4	4
5					X	5
6						X

**Вариант 16**

№ объекта экспертизы	1	2	3	4	5	6
<b>1-ый эксперт</b>						
1	X	1	1	4	1	1
2		X	2	4	5	2
3			X	4	5	3
4				X	5	4
5					X	6
6						X
<b>2-ой эксперт</b>						
1	X	2	1	4	1	6
2		X	3	4	5	2
3			X	4	3	3
4				X	4	4
5					X	6
6						X
<b>3-ий эксперт</b>						
1	X	2	1	4	1	1
2		X	2	4	2	6
3			X	4	3	4
4				X	4	6
5					X	6
6						X
<b>4-ый эксперт</b>						
1	X	1	3	4	1	6
2		X	2	4	2	2
3			X	4	3	6
4				X	4	4
5					X	6
6						X
<b>5-ый эксперт</b>						
1	X	2	1	4	1	1
2		X	2	4	5	2
3			X	4	5	6
4				X	5	4
5					X	5
6						X

**Вариант 17**

№ объекта экспертизы	1	2	3	4	5	6
<b>1-ый эксперт</b>						
1	X	1	3	1	1	6
2		X	3	2	5	2
3			X	3	3	3
4				X	4	4
5					X	6
6						X
<b>2-ой эксперт</b>						
1	X	2	3	1	5	1
2		X	3	2	2	2
3			X	3	3	3
4				X	4	4
5					X	5
6						X
<b>3-ий эксперт</b>						
1	X	2	3	4	1	6
2		X	3	2	2	2
3			X	3	3	3
4				X	4	4
5					X	6
6						X
<b>4-ый эксперт</b>						
1	X	1	3	1	1	6
2		X	3	2	2	2
3			X	4	3	3
4				X	5	4
5					X	6
6						X
<b>5-ый эксперт</b>						
1	X	2	3	4	1	6
2		X	3	4	2	6
3			X	3	3	3
4				X	5	4
5					X	6
6						X

**Вариант 18**

№ объекта экспертизы	1	2	3	4	5	6
<b>1-ый эксперт</b>						
1	X	2	3	1	1	1
2		X	2	2	2	2
3			X	3	3	3
4				X	4	4
5					X	5
6						X
<b>2-ой эксперт</b>						
1	X	2	1	4	5	1
2		X	3	2	2	2
3			X	3	5	3
4				X	4	4
5					X	5
6						X
<b>3-ий эксперт</b>						
1	X	2	1	4	1	1
2		X	2	2	2	2
3			X	4	5	3
4				X	4	4
5					X	5
6						X
<b>4-ый эксперт</b>						
1	X	2	3	1	1	6
2		X	2	2	2	2
3			X	4	5	3
4				X	5	4
5					X	5
6						X
<b>5-ый эксперт</b>						
1	X	2	1	4	1	1
2		X	2	2	2	2
3			X	3	5	3
4				X	5	4
5					X	6
6						X

**Вариант 19**

№ объекта экспертизы	1	2	3	4	5	6
<b>1-ый эксперт</b>						
1	X	1	1	4	1	1
2		X	2	2	2	2
3			X	4	5	3
4				X	5	4
5					X	6
6						X
<b>2-ой эксперт</b>						
1	X	2	1	4	1	6
2		X	3	4	5	2
3			X	4	3	3
4				X	4	4
5					X	6
6						X
<b>3-ий эксперт</b>						
1	X	2	1	4	1	1
2		X	2	4	2	6
3			X	4	3	4
4				X	4	6
5					X	6
6						X
<b>4-ый эксперт</b>						
1	X	1	3	4	1	6
2		X	2	2	2	2
3			X	4	3	6
4				X	4	4
5					X	6
6						X
<b>5-ый эксперт</b>						
1	X	2	1	4	1	1
2		X	2	2	5	2
3			X	4	5	6
4				X	5	4
5					X	5
6						X



**Вариант 20**

№ объекта экспертизы	1	2	3	4	5	6
<b>1-ый эксперт</b>						
1	X	1	3	1	1	6
2		X	2	2	5	2
3			X	3	3	3
4				X	4	4
5					X	6
6						X
<b>2-ой эксперт</b>						
1	X	2	3	1	5	1
2		X	2	2	2	2
3			X	3	3	3
4				X	4	4
5					X	5
6						X
<b>3-ий эксперт</b>						
1	X	2	3	4	1	6
2		X	3	2	2	2
3			X	3	3	3
4				X	4	4
5					X	6
6						X
<b>4-ый эксперт</b>						
1	X	1	3	1	1	6
2		X	3	2	2	2
3			X	4	3	3
4				X	5	4
5					X	6
6						X
<b>5-ый эксперт</b>						
1	X	2	3	4	1	6
2		X	3	4	5	6
3			X	3	3	3
4				X	5	4
5					X	6
6						X

**Вариант 21**

№ объекта экспертизы	1	2	3	4	5	6
<b>1-ый эксперт</b>						
1	X	1	3	1	1	1
2		X	2	2	2	2
3			X	3	3	3
4				X	4	4
5					X	5
6						X
<b>2-ой эксперт</b>						
1	X	2	1	4	5	1
2		X	3	2	2	2
3			X	3	5	3
4				X	4	4
5					X	5
6						X
<b>3-ий эксперт</b>						
1	X	2	1	4	1	1
2		X	2	2	2	2
3			X	4	3	3
4				X	4	4
5					X	5
6						X
<b>4-ый эксперт</b>						
1	X	2	3	1	1	6
2		X	2	2	2	2
3			X	4	3	3
4				X	5	4
5					X	5
6						X
<b>5-ый эксперт</b>						
1	X	2	1	4	1	1
2		X	2	2	2	2
3			X	3	3	3
4				X	5	4
5					X	6
6						X

Исходные данные для выполнения задания 4 по вариантам (см. п.4)

**Вариант 1**

№ объекта экспертизы	1	2	3	4	5
<b>1-й эксперт</b>					
1	X	1	1	4	1
2	1	X	2	4	5
3	1	2	X	3	3
4	4	4	3	X	5
5	1	2	3	4	X
<b>2-й эксперт</b>					
1	X	1	1	1	1
2	1	X	3	2	5
3	3	2	X	3	5
4	1	4	3	X	4
5	1	2	3	5	X
<b>3-й эксперт</b>					
1	X	2	1	4	1
2	2	X	2	4	2
3	1	2	X	4	5
4	4	4	3	X	4
5	1	2	3	5	X
<b>4-й эксперт</b>					
1	X	1	3	1	1
2	1	X	2	2	2
3	1	3	X	4	3
4	4	2	4	X	5
5	5	2	3	5	X
<b>5-й эксперт</b>					
1	X	2	3	4	1
2	1	X	2	2	2
3	1	2	X	3	5
4	1	2	3	X	5
5	1	2	5	4	X

**Вариант 2.**

№ объекта экспертизы	1	2	3	4	5
<b>1-й эксперт</b>					
1	X	1	1	4	5
2	1	X	2	2	2
3	1	2	X	3	5
4	4	2	3	X	4
5	1	2	3	4	X
<b>2-й эксперт</b>					
1	X	1	1	1	5
2	2	X	2	4	2
3	3	3	X	3	3
4	4	2	3	X	4
5	5	2	3	4	X
<b>3-й эксперт</b>					
1	X	1	1	1	1
2	2	X	2	2	2
3	3	3	X	3	5
4	4	2	3	X	4
5	5	2	3	4	X
<b>4-й эксперт</b>					
1	X	1	1	4	1
2	2	X	2	2	5
3	1	2	X	3	5
4	1	2	3	X	4
5	5	5	3	5	X
<b>5-й эксперт</b>					
1	X	2	1	4	5
2	2	X	2	2	2
3	3	3	X	3	5
4	4	2	3	X	4
5	5	2	3	4	X

**Вариант 3**

№ объекта экспертизы	1	2	3	4	5
<b>1-й эксперт</b>					
1	X	1	1	4	1
2	2	X	2	2	2
3	3	3	X	3	5
4	4	2	3	X	5
5	5	2	3	4	X
<b>2-й эксперт</b>					
1	X	2	1	4	1
2	2	X	2	2	5
3	3	3	X	3	3
4	4	2	3	X	4
5	5	2	3	4	X
<b>3-й эксперт</b>					
1	X	2	1	4	1
2	2	X	2	2	2
3	3	3	X	3	3
4	4	2	3	X	4
5	5	2	3	4	X
<b>4-й эксперт</b>					
1	X	1	3	1	1
2	2	X	2	2	2
3	3	3	X	3	3
4	4	2	3	X	5
5	5	2	3	4	X
<b>5-й эксперт</b>					
1	X	2	1	4	1
2	2	X	2	2	5
3	3	3	X	3	5
4	4	2	3	X	5
5	5	2	3	4	X

**Вариант 4**

№ объекта экспертизы	1	2	3	4	5
<b>1-й эксперт</b>					
1	X	1	3	4	1
2	1	X	2	2	5
3	1	3	X	3	5
4	4	2	3	X	4
5	5	2	3	4	X
<b>2-й эксперт</b>					
1	X	2	1	1	5
2	1	X	2	2	2
3	1	3	X	3	5
4	4	2	3	X	4
5	5	2	3	4	X
<b>3-й эксперт</b>					
1	X	2	1	4	1
2	1	X	2	2	2
3	1	3	X	3	5
4	4	2	3	X	4
5	5	2	3	4	X
<b>4-й эксперт</b>					
1	X	1	3	1	1
2	1	X	2	2	2
3	1	3	X	3	3
4	4	2	3	X	5
5	5	2	3	4	X
<b>5-й эксперт</b>					
1	X	2	3	4	1
2	1	X	2	2	2
3	1	3	X	3	5
4	4	2	3	X	5
5	5	2	3	4	X

**Вариант 5**

№ объекта экспертизы	1	2	3	4	5
<b>1-й эксперт</b>					
1	X	2	1	4	1
2	1	X	2	2	5
3	1	3	X	3	5
4	4	2	3	X	5
5	5	2	3	4	X
<b>2-й эксперт</b>					
1	X	1	3	1	1
2	1	X	2	2	5
3	1	3	X	3	5
4	4	2	3	X	4
5	5	2	3	4	X
<b>3-й эксперт</b>					
1	X	2	3	4	1
2	1	X	2	2	2
3	1	3	X	3	5
4	4	2	3	X	4
5	5	2	3	4	X
<b>4-й эксперт</b>					
1	X	1	3	1	1
2	1	X	2	2	2
3	1	3	X	3	3
4	4	2	3	X	5
5	5	2	3	4	X
<b>5-й эксперт</b>					
1	X	2	3	4	5
2	1	X	2	2	2
3	1	3	X	3	5
4	4	2	3	X	5
5	5	2	3	4	X

**Вариант 6**

№ объекта экспертизы	1	2	3	4	5
<b>1-й эксперт</b>					
1	X	1	1	1	5
2	1	X	2	2	2
3	1	3	X	3	5
4	4	2	3	X	4
5	5	2	3	4	X
<b>2-й эксперт</b>					
1	X	1	3	1	5
2	1	X	2	2	5
3	1	3	X	3	3
4	4	2	3	X	4
5	5	2	3	4	X
<b>3-й эксперт</b>					
1	X	2	1	1	1
2	1	X	2	2	2
3	1	3	X	3	5
4	4	2	3	X	4
5	5	2	3	4	X
<b>4-й эксперт</b>					
1	X	2	1	4	1
2	1	X	2	2	5
3	1	3	X	3	5
4	4	2	3	X	4
5	5	2	3	4	X
<b>5-й эксперт</b>					
1	X	2	1	4	5
2	1	X	2	2	2
3	1	3	X	3	5
4	4	2	3	X	4
5	5	2	3	4	X



**Вариант 7**

№ объекта экспертизы	1	2	3	4	5
<b>1-й эксперт</b>					
1	X	1	1	1	1
2	1	X	2	2	5
3	1	3	X	3	5
4	4	2	3	X	5
5	5	2	3	4	X
<b>2-й эксперт</b>					
1	X	2	1	4	1
2	1	X	2	2	5
3	1	3	X	3	3
4	4	2	3	X	4
5	5	2	3	4	X
<b>3-й эксперт</b>					
1	X	2	1	1	1
2	1	X	2	2	2
3	1	3	X	3	3
4	4	2	3	X	4
5	5	2	3	4	X
<b>4-й эксперт</b>					
1	X	1	3	1	1
2	1	X	2	2	2
3	1	3	X	3	3
4	4	2	3	X	5
5	5	2	3	4	X
<b>5-й эксперт</b>					
1	X	2	1	1	1
2	1	X	2	2	5
3	1	3	X	3	5
4	4	2	3	X	5
5	5	2	3	4	X

**Вариант 8**

№ объекта экспертизы	1	2	3	4	5
<b>1-й эксперт</b>					
1	X	1	3	1	1
2	1	X	2	2	5
3	1	3	X	3	5
4	4	2	3	X	4
5	5	2	3	4	X
<b>2-й эксперт</b>					
1	X	2	1	1	5
2	1	X	2	2	2
3	1	3	X	3	5
4	4	2	3	X	4
5	5	2	3	4	X
<b>3-й эксперт</b>					
1	X	2	1	4	1
2	1	X	2	2	2
3	1	3	X	3	5
4	4	2	3	X	4
5	5	2	3	4	X
<b>4-й эксперт</b>					
1	X	1	3	1	1
2	1	X	2	2	2
3	1	3	X	3	5
4	4	2	3	X	5
5	5	2	3	4	X
<b>5-й эксперт</b>					
1	X	2	3	4	1
2	1	X	2	2	2
3	1	3	X	3	5
4	4	2	3	X	5
5	5	2	3	4	X

**Вариант 9**

№ объекта экспертизы	1	2	3	4	5
<b>1-й эксперт</b>					
1	X	1	3	1	1
2	1	X	2	2	5
3	1	3	X	3	3
4	4	2	3	X	4
5	5	2	3	4	X
<b>2-й эксперт</b>					
1	X	2	1	4	5
2	1	X	2	2	2
3	1	3	X	3	5
4	4	2	3	X	4
5	5	2	3	4	X
<b>3-й эксперт</b>					
1	X	2	1	4	1
2	1	X	2	2	2
3	1	3	X	3	5
4	4	2	3	X	4
5	5	2	3	4	X
<b>4-й эксперт</b>					
1	X	1	3	1	1
2	1	X	2	2	2
3	1	3	X	3	5
4	4	2	3	X	5
5	5	2	3	4	X
<b>5-й эксперт</b>					
1	X	2	1	4	1
2	1	X	2	2	2
3	1	3	X	3	5
4	4	2	3	X	5
5	5	2	3	4	X

**Вариант 10**

№ объекта экспертизы	1	2	3	4	5
<b>1-й эксперт</b>					
1	X	1	1	1	1
2	1	X	2	2	5
3	1	3	X	3	3
4	4	2	3	X	5
5	5	2	3	4	X
<b>2-й эксперт</b>					
1	X	1	3	1	1
2	1	X	2	2	5
3	1	3	X	3	5
4	4	2	3	X	4
5	5	2	3	4	X
<b>3-й эксперт</b>					
1	X	2	1	1	1
2	1	X	2	2	2
3	1	3	X	3	5
4	4	2	3	X	4
5	5	2	3	4	X
<b>4-й эксперт</b>					
1	X	1	3	1	1
2	1	X	2	2	2
3	1	3	X	3	3
4	4	2	3	X	4
5	5	2	3	4	X
<b>5-й эксперт</b>					
1	X	2	1	4	1
2	1	X	2	2	2
3	1	3	X	3	5
4	4	2	3	X	5
5	5	2	3	4	X

**Вариант 11**

№ объекта экспертизы	1	2	3	4	5
<b>1-й эксперт</b>					
1	X	2	1	4	5
2	1	X	2	2	5
3	1	3	X	3	5
4	4	2	3	X	4
5	5	2	3	4	X
<b>2-й эксперт</b>					
1	X	2	1	1	5
2	1	X	2	2	2
3	1	3	X	3	3
4	4	2	3	X	4
5	5	2	3	4	X
<b>3-й эксперт</b>					
1	X	2	1	1	1
2	1	X	2	2	2
3	1	3	X	3	5
4	4	2	3	X	4
5	5	2	3	4	X
<b>4-й эксперт</b>					
1	X	1	3	4	1
2	1	X	2	2	5
3	1	3	X	3	5
4	4	2	3	X	4
5	5	2	3	4	X
<b>5-й эксперт</b>					
1	X	2	1	1	5
2	1	X	2	2	2
3	1	3	X	3	5
4	4	2	3	X	4
5	5	2	3	4	X

**Вариант 12**

№ объекта экспертизы	1	2	3	4	5
<b>1-й эксперт</b>					
1	X	1	1	1	1
2	1	X	2	2	2
3	1	3	X	3	5
4	4	2	3	X	5
5	5	2	3	4	X
<b>2-й эксперт</b>					
1	X	2	1	4	1
2	1	X	2	2	5
3	1	3	X	3	3
4	4	2	3	X	4
5	5	2	3	4	X
<b>3-й эксперт</b>					
1	X	2	1	4	1
2	1	X	2	2	2
3	1	3	X	3	3
4	4	2	3	X	4
5	5	2	3	4	X
<b>4-й эксперт</b>					
1	X	1	1	1	1
2	1	X	2	2	2
3	1	3	X	3	5
4	4	2	3	X	5
5	5	2	3	4	X
<b>5-й эксперт</b>					
1	X	2	1	4	1
2	1	X	2	2	5
3	1	3	X	3	5
4	4	2	3	X	5
5	5	2	3	4	X

**Вариант 13**

№ объекта экспертизы	1	2	3	4	5
<b>1-й эксперт</b>					
1	X	1	3	4	1
2	1	X	2	2	5
3	1	3	X	3	5
4	4	2	3	X	4
5	5	2	3	4	X
<b>2-й эксперт</b>					
1	X	2	1	1	1
2	1	X	2	2	2
3	1	3	X	3	5
4	4	2	3	X	4
5	5	2	3	4	X
<b>3-й эксперт</b>					
1	X	2	1	4	1
2	1	X	2	2	2
3	1	3	X	3	5
4	4	2	3	X	4
5	5	2	3	4	X
<b>4-й эксперт</b>					
1	X	1	3	1	1
2	1	X	2	2	2
3	1	3	X	3	3
4	4	2	3	X	5
5	5	2	3	4	X
<b>5-й эксперт</b>					
1	X	2	1	4	1
2	1	X	2	2	2
3	1	3	X	3	5
4	4	2	3	X	5
5	5	2	3	4	X

**Вариант 14**

№ объекта экспертизы	1	2	3	4	5
<b>1-й эксперт</b>					
1	X	2	1	4	1
2	1	X	2	2	5
3	1	3	X	3	5
4	4	2	3	X	5
5	5	2	3	4	X
<b>2-й эксперт</b>					
1	X	1	3	1	1
2	1	X	2	2	5
3	1	3	X	3	5
4	4	2	3	X	4
5	5	2	3	4	X
<b>3-й эксперт</b>					
1	X	2	3	4	1
2	1	X	2	2	2
3	1	3	X	3	5
4	4	2	3	X	4
5	5	2	3	4	X
<b>4-й эксперт</b>					
1	X	1	3	1	1
2	1	X	2	2	2
3	1	3	X	3	3
4	4	2	3	X	5
5	5	2	3	4	X
<b>5-й эксперт</b>					
1	X	2	3	4	5
2	1	X	2	2	2
3	1	3	X	3	5
4	4	2	3	X	5
5	5	2	3	4	X



**Вариант 15**

№ объекта экспертизы	1	2	3	4	5
<b>1-й эксперт</b>					
1	X	1	1	1	5
2	1	X	2	2	5
3	1	3	X	3	5
4	4	2	3	X	5
5	5	2	3	4	X
<b>2-й эксперт</b>					
1	X	1	3	1	5
2	1	X	2	2	5
3	1	3	X	3	5
4	4	2	3	X	5
5	5	2	3	4	X
<b>3-й эксперт</b>					
1	X	2	1	1	5
2	1	X	2	2	5
3	1	3	X	3	5
4	4	2	3	X	5
5	5	2	3	4	X
<b>4-й эксперт</b>					
1	X	2	1	4	5
2	1	X	2	2	5
3	1	3	X	3	5
4	4	2	3	X	4
5	5	2	3	4	X
<b>5-й эксперт</b>					
1	X	2	1	4	5
2	1	X	2	2	5
3	1	3	X	3	5
4	4	2	3	X	4
5	5	2	3	4	X

**Вариант 16**

№ объекта экспертизы	1	2	3	4	5
<b>1-й эксперт</b>					
1	X	1	1	4	1
2	1	X	2	2	5
3	1	3	X	3	5
4	4	2	3	X	5
5	5	2	3	4	X
<b>2-й эксперт</b>					
1	X	2	1	4	1
2	1	X	2	2	5
3	1	3	X	3	3
4	4	2	3	X	4
5	5	2	3	4	X
<b>3-й эксперт</b>					
1	X	2	1	4	1
2	1	X	2	2	2
3	1	3	X	3	3
4	4	2	3	X	4
5	5	2	3	4	X
<b>4-й эксперт</b>					
1	X	1	3	4	1
2	1	X	2	2	2
3	1	3	X	3	3
4	4	2	3	X	4
5	5	2	3	4	X
<b>5-й эксперт</b>					
1	X	2	1	4	1
2	1	X	2	2	5
3	1	3	X	3	5
4	4	2	3	X	5
5	5	2	3	4	X

**Вариант 17**

№ объекта экспертизы	1	2	3	4	5
<b>1-й эксперт</b>					
1	X	1	3	1	1
2	1	X	2	2	5
3	1	3	X	3	3
4	4	2	3	X	4
5	5	2	3	4	X
<b>2-й эксперт</b>					
1	X	2	3	1	5
2	1	X	2	2	2
3	1	3	X	3	3
4	4	2	3	X	4
5	5	2	3	4	X
<b>3-й эксперт</b>					
1	X	2	3	4	1
2	1	X	2	2	2
3	1	3	X	3	3
4	4	2	3	X	4
5	5	2	3	4	X
<b>4-й эксперт</b>					
1	X	1	3	1	1
2	1	X	2	2	2
3	1	3	X	3	3
4	4	2	3	X	5
5	5	2	3	4	X
<b>5-й эксперт</b>					
1	X	2	3	4	1
2	1	X	2	2	2
3	1	3	X	3	3
4	4	2	3	X	5
5	5	2	3	4	X

**Вариант 18**

№ объекта экспертизы	1	2	3	4	5
<b>1-й эксперт</b>					
1	X	2	3	1	1
2	1	X	2	2	2
3	1	3	X	3	3
4	4	2	3	X	4
5	5	2	3	4	X
<b>2-й эксперт</b>					
1	X	2	1	4	5
2	1	X	2	2	2
3	1	3	X	3	5
4	4	2	3	X	4
5	5	2	3	4	X
<b>3-й эксперт</b>					
1	X	2	1	4	1
2	1	X	2	2	2
3	1	3	X	3	5
4	4	2	3	X	4
5	5	2	3	4	X
<b>4-й эксперт</b>					
1	X	2	3	1	1
2	1	X	2	2	2
3	1	3	X	3	5
4	4	2	3	X	5
5	5	2	3	4	X
<b>5-й эксперт</b>					
1	X	2	1	4	1
2	1	X	2	2	2
3	1	3	X	3	5
4	4	2	3	X	5
5	5	2	3	4	X

**Вариант 19**

№ объекта экспертизы	1	2	3	4	5
<b>1-й эксперт</b>					
1	X	1	1	4	1
2	1	X	2	4	5
3	3	2	X	3	3
4	4	4	3	X	5
5	1	5	3	4	X
<b>2-й эксперт</b>					
1	X	1	1	1	1
2	1	X	3	2	5
3	3	2	X	3	5
4	1	4	3	X	4
5	5	2	3	5	X
<b>3-й эксперт</b>					
1	X	2	1	4	1
2	2	X	2	4	2
3	1	2	X	4	5
4	4	4	3	X	4
5	5	2	3	5	X
<b>4-й эксперт</b>					
1	X	1	3	1	1
2	1	X	2	4	2
3	1	3	X	4	3
4	4	2	4	X	5
5	5	2	3	5	X
<b>5-й эксперт</b>					
1	X	2	3	4	1
2	1	X	2	2	2
3	3	2	X	3	5
4	1	2	3	X	5
5	1	2	5	4	X

**Вариант 20**

№ объекта экспертизы	1	2	3	4	5
<b>1-й эксперт</b>					
1	X	2	1	4	5
2	1	X	2	2	2
3	1	2	X	3	5
4	1	2	3	X	4
5	1	2	3	4	X
<b>2-й эксперт</b>					
1	X	1	1	1	5
2	2	X	2	4	2
3	3	3	X	3	3
4	4	2	3	X	4
5	1	2	3	4	X
<b>3-й эксперт</b>					
1	X	1	1	1	1
2	2	X	2	2	2
3	3	3	X	3	5
4	4	2	3	X	4
5	1	2	3	4	X
<b>4-й эксперт</b>					
1	X	1	1	4	1
2	2	X	2	2	5
3	1	2	X	3	5
4	1	2	3	X	4
5	5	5	3	5	X
<b>5-й эксперт</b>					
1	X	2	1	4	5
2	2	X	2	2	2
3	3	3	X	3	5
4	4	2	3	X	4
5	5	2	3	4	X

**Вариант 21**

№ объекта экспертизы	1	2	3	4	5
<b>1-й эксперт</b>					
1	X	1	1	4	1
2	2	X	2	2	5
3	3	3	X	3	5
4	4	2	3	X	5
5	5	2	3	4	X
<b>2-й эксперт</b>					
1	X	2	1	4	1
2	2	X	2	2	5
3	3	3	X	3	3
4	4	2	3	X	4
5	5	2	3	4	X
<b>3-й эксперт</b>					
1	X	2	1	4	1
2	2	X	2	2	2
3	3	3	X	3	3
4	4	4	3	X	4
5	5	2	3	4	X
<b>4-й эксперт</b>					
1	X	1	3	1	1
2	2	X	2	2	2
3	3	3	X	3	3
4	4	4	3	X	5
5	5	2	3	4	X
<b>5-й эксперт</b>					
1	X	2	1	4	1
2	2	X	2	2	5
3	3	3	X	3	5
4	4	4	3	X	5
5	5	2	3	4	X