

**Самарский государственный аэрокосмический университет  
имени академика С.П. Королева  
(национальный исследовательский университет)**

**«Методы оценки технического уровня машин»**

*Методические указания к курсовому проекту*

г. Самара 2015

Автор-составитель: **Михеев Владимир Александрович**

**Методы оценки технического уровня машин** [Электронный ресурс]: электрон. метод. указания к курсов. проекту / Минобрнауки России, Самар. гос. аэрокосм. ун-т им. С. П. Королева (нац. исслед. ун-т); авт.-сост. В. А. Михеев. – Электрон. текстовые и граф. дан. ( 0,46 Мбайт). - Самара, 2015.

Методические указания к курсовому проекту предназначены для студентов инженерно-технологического факультета, обучающихся по дисциплине «Оборудование машиностроительных предприятий» по направлению подготовки бакалавриата 15.03.01 "Машиностроение".

Подготовлено на кафедре обработки металлов давлением.

## СОДЕРЖАНИЕ

Введение	3
1. Основные положения	3
2. Практическая работа 1. Определение ситуации оценивания и построение структурной схемы показателей качества	8
3. Практическая работа 2. Расчеты коэффициентов весомости и построение кривых изолированного влияния	9
4. Практическая работа 3. Учет взаимодействия и построение расчетного алгоритма	10
Приложения. Способы выполнения отдельных операций	11
1. Описание ситуации оценивания	11
2. Определение решений	12
3. Формирование набора частных показателей и выполнение группировок	13
4. Построение дерева свойств	17
5. Определение коэффициентов весомости	17
6. Построение кривых изолированного влияния	20
7. Учет взаимодействия	22
8. Учет показателей надежности	23
9. Список рекомендуемой литературы	24

## **ВВЕДЕНИЕ**

Качество машиностроительной продукции стало определяющим фактором конкурентной борьбы на рынке. Оно должно быть обеспечено на всех этапах жизненного цикла изделия. Однако, важное значение имеет этап, предшествующий разработке технического задания. Определение показателей качества, существенных для будущего рынка, их количественных значений и весомости требует использования прогнозных данных технического и экономического характера.

После разработки технического задания следует осуществлять переход от показателей качества изделия в целом к установлению требований к точности исходных звеньев кинематических и размерных цепей изделия. С учетом весомости показателей точности деталей устанавливается необходимость измерения одних параметров, контроля других параметров и параметров, не подлежащих измерению или контролю.

Способы решения указанных задач рассматривает «квалиметрия» - область знания, посвященная методом получения количественных оценок качества объектов, используемых человеком, независимо от их природы.

Изложенный в методических указаниях материал вполне достаточен для выполнения всех практических работ. Приведенные в тексте ссылки на литературу позволяют, желающим студентам более подробно ознакомиться с рассматриваемым вопросом.

### **1. ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ**

1.1 Разработка методики оценивания качества конкретной группы объектов состоит из разработки комплексного показателя качества этих объектов и сопроводительных материалов, включающих описание шкал различных показателей, способов получения оценок по шкалам, способов выполнения операций с показателями, а также включающих описание группы пользователей, в интересах которых проведена разработка.

1.2 При разработке комплексного показателя качества квалиметрия предусматривает выполнение ряда операций, называемых «основной схемой». В отдельных задачах те или иные операции основной схемы могут выпадать, однако целесообразность отказа от их выполнения каждый раз должна быть обоснована<sup>1</sup>.

---

Существуют упрощенные способы определения комплексной оценки качества, например, «способ базового ряда» (ГОСТ 23554.1-81), при применении не используют основную схему. Однако эти способы имеют ограниченные возможности применения.

1.3 Основная схема содержит заданную последовательность операций:

- определение ситуации оценивания;
- определение решений;
- формирование набора частных показателей (группировка частных показателей и построение дерева);
- определение коэффициентов весомости;
- определение изолированного влияния;
- учет взаимодействия;
- разработка расчетной схемы (алгоритма) с учетом взаимодействия.

1.4 Определение ситуации оценивания включает:

- определение однородных групп потребителей - лиц, предъявляющих одинаковые требования к оцениваемой продукции;
- определение однородной группы объектов, подлежащих оцениванию, этапов жизненного цикла этих объектов, во время которых проявляются свойства объектов, особых условий (например, климатических), в которых происходит эксплуатация объектов.

1.5 Определение решений.

Всякая качественная оценка продукции имеет смысл только в сочетании с теми решениями, которые вытекают из различных значений этой оценки. При этом возможны две ситуации:

- 1) Решения жестко связаны с оценками (т.е. полученная объектом оценка непосредственно определяет решение, которое будет принято по отношению к нему);
- 2) Решение в отношении одного из объектов принимают в зависимости от того, какие оценки получены другими объектами.

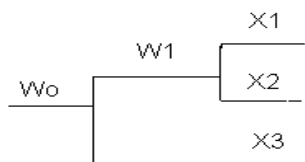
Так, при техническом контроле качества решение о присвоении той или иной категории качества в отношении определенного объекта принимают независимо от того, какую категорию получил другой объект.

Например, при выборе одного из нескольких объектов для закупки или в другой конкурентной ситуации решение принимают исходя из того, какое место занимает оценка данного объекта по отношению к оценкам других объектов.

Кроме общих решений, принимаемых на основании учета всех показателей качества, в комплексном показателе качества могут быть использованы частные решения, принимаемые с учетом лишь некоторых показателей.

### 1.6 Формирование набора частных показателей. Группировки показателей и построение «дерева свойств»

Структура комплексного показателя качества во многих задачах может иметь вид «дерева» (рис. 1), каждой ветви которого соответствует единичный или комплексный показатель.



Уровни дерева 0-й | 1-й | 2-й |

Рисунок 1- Структура комплексного показателя типа «дерева свойств»

x- частные (единичные) показатели; W— комплексные показатели различного уровня.

Для построения дерева свойств вырабатывают набор (составляют перечень) частных показателей, которые могут оказаться существенными для решаемой задачи оценивания качества. Эти частные показатели объединяют в однородные группы, которые могут иметь названия:

- функциональные;
- эстетические;
- эргономические;
- комфортности;
- технологические и другие.

Каждую такую группу изображают в виде разветвления одной из ветвей дерева.

Эти группы, в свою очередь, объединяют в однородные группы более высокого уровня, которые могут иметь названия:

- основные функции;
- вспомогательные функции;

- ремонтпригодность и др.

И так далее, осуществляя тем самым построение «дерева свойств».

### 1.7 Определение коэффициентов весомости.

Эту процедуру проводят различными способами. Часто используют приведенный в [1] способ ранжирования с последующим выполнением частичных парных сравнений.

В настоящих методических указаниях использован способ однократных парных сравнений. Главное в применении любого способа назначения коэффициентов весомости - обеспечить выполнение контрольной операции, которая позволяет проверить, насколько точно оценены экспертом его предпочтения.

Контрольная операция, в простейшем варианте, состоит в повторении опроса через некоторое время, достаточное для того, чтобы предыдущие оценки были забыты (2-3 недели). Однако чаще применяют однократный опрос, поставив вопросы таким образом, чтобы эксперт неоднократно назначал каждую оценку исходя из различных позиций.

Например, в способе однократных парных сравнений эксперт сравнивает каждый показатель с каждым, определяя соответствующее соотношение весомостей. Сопоставление полученных при различных сравнениях оценок позволяет проверить точность выражения экспертом своих суждений.

### 1.8 Определение изолированного влияния.

В тех случаях, когда единичные показатели имеют количественную шкалу измерения (м, кг, люкс и т.д.) для описания влияния их различных значений на комплексную оценку качества, применяют экспертные кривые, относимые к типу «кривых полезности» [3]. При построении кривых влияния главное - полностью определить набор характерных элементов графика, т.е. его особенностей, существенных в условиях решаемой задачи (точек начала и конца, участков монотонности и экстремумов и т.п.).

Если единичные показатели имеют порядковую шкалу или шкалу наименований с качественными градациями (оттенки цвета, варианты компоновки узла и т.д.), то их влияние на качество выражают в баллах с использованием так называемой «вспомогательной шкалы» [5].

### 1.9 Учет взаимодействия.

Между некоторыми показателями может иметь место взаимодействие по их совместному влиянию на качество. Взаимодействием называют изменение оценки влияния одного показателя в зависимости от значения, принимаемых другим показателем. В некоторых случаях взаимодействие проявляется даже в том, что в зависимости от значений одного показателя изменяется вся последовательность действий с другими показателями. В этих случаях структура расчета типа «дерева свойств» неприменима.

Взаимодействие относительно несложно характеризовать в простейших случаях - когда в нем участвуют 2 или 3 частных показателя. Для описания взаимодействия большего числа показателей разработано несколько специальных способов, однако они имеют узкие области применения.

В целом же взаимодействие представляет собой одну из слабо разработанных проблем квалиметрии.

#### 1.10 Разработка расчетной схемы (алгоритма) с учетом взаимодействия.

При использовании расчетного алгоритма типа «дерева свойств» никаких проблем обоснования структуры не возникает, т.к. она задана изначально. Однако учет взаимодействия (если оно есть) требует внесения некоторых изменений в эту структуру. Изменения невелики при учете простейших случаев взаимодействия. В более сложных случаях от «дерева свойств» остаются лишь фрагменты или же вообще применяют другой тип расчетного алгоритма.



## 2. ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА 1

Определение ситуации оценивания и построение структурной схемы показателей качества

Цель работы: Освоение методики формирования набора частных показателей, характеризующих качество объекта, и методике построения дерева свойств.

<u>Порядок выполнения работы</u>	<u>Указания</u>
1 Выбирают конкретный вид машиностроительной продукции или конкретный технологический процесс (в форме технического описания, документации по эксплуатации или в другой форме). Составляют описание ситуации оценивания.	[1. С. 47. П. 6.1] Группу пользователей указывает преподаватель-технической
2 Определяют набор решений, которые могут быть приняты в отношении оцениваемого объекта.	[4. С. 12. П. 6.2]
3 Формируют наиболее полный перечень частных показателей.	[5] ГОСТ 22851 -77, п.6.3
4 Выполняют 4 экспертные группировки частных показателей. Проверяют их согласованность в отношении «выпадающих» объектов и «выпадающих индивидуальных групп. Получают обобщенные группировки.	Одну из группировок задает преподаватель, [5. П. 6.3]
5 Производят построение «дерева свойств».	[1. С. 67-95. П. 6.4]

### План отчета

1. Цель работы.
2. Задание (вид оцениваемой продукции или технологии и источники сведений)
3. Принимаемые решения.
4. Сформированный перечень частных показателей.
5. Экспертные группировки и их обработка.
6. Обобщенные группировки.
7. «Дерево свойств».

### 3. ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА 2

#### Расчеты коэффициентов весомости и построение кривых изолированного влияния

Цель работы: Освоение методики определения коэффициентов весомости и построение экспертных кривых изолированного влияния.

<u>Порядок выполнения работы</u>	<u>Указания</u>
1 Используя "дерево свойств", построенное в результате выполнения практической работы 1, выбирают группы единичных показателей, для которых будут определены коэффициенты весомости.	Группы показателей указывает преподаватель
2 Выполняют назначение коэффициентов весомости частных показателей, используя способ парных сравнений. Исключают показатели, для которых относительный коэффициент весомости $q_i < 0,1$	[2. С. 13. П. 6.5]
3 Для оставшихся показателей каждой группы производят построение "кривых влияния"	[2. С. 74] [4. С. 42 П. 6.6]
4 Строят алгоритм расчета комплексной оценки качества (без учета взаимодействия показателей)	[2. С. 21]
5 Проводят расчет комплексной оценки качества 2-параметров	Значения
3 объектов по задаваемым значениям параметров	задает преподаватель

#### План отчета

1. Цель работы.
2. Задание (группы показателей, по которым проводят оценивание качества).
3. Матрицы парных сравнений и их обработка.
4. Выбор вспомогательной шкалы и построение кривых изолированного влияния.
5. Построение обобщенных кривых изолированного влияния.

#### 4. ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА 3

Определение взаимодействия и построение расчетного алгоритма

Цель работы: Освоение простейшего способа определения взаимодействия показателей и способа представления этого взаимодействия в расчетном алгоритме.

##### Порядок выполнения работы

##### Указания

- |   |   |  |
|---|---|--|
| 1 | Используя одну из групп частных показателей, для которых построены кривые изолированного влияния, выбрать показатели, между которыми возможно взаимодействие. Построить кривые влияния каждого показателя при экстремальных значениях другого. Определить тип взаимодействия. | Группу частных показателей задает преподаватель. |
| 2 | Составить таблицу взаимодействия и включить ее в разработанный ранее алгоритм расчета комплексной оценки.   |  |

##### План отчета

1. Цель работы.
2. Задание.
3. Кривые влияния частных показателей с учетом взаимодействия.
4. Таблица взаимодействия и окончательный расчетный алгоритм.

# ПРИЛОЖЕНИЯ

## СПОСОБЫ ВЫПОЛНЕНИЯ ОТДЕЛЬНЫХ ОПЕРАЦИЙ

### 1. ОПИСАНИЕ СИТУАЦИИ ОЦЕНИВАНИЯ

Всякий объект может быть охарактеризован множеством свойств, некоторые проявляются при его контактах с теми или иными группами людей - "потребителей". Именно эти свойства определяют "качество". Но потребителями являются не только лица, которые используют объект по назначению, но и те, кто его создает, транспортирует к месту потребления, хранит и в конечном счете уничтожает. Каждая из этих групп лиц предъявляет свои требования к объекту и поэтому качество объекта для них имеет разное содержание.

Инженеры, участвующие в создании машиностроительной продукции, сталкиваются также с проблемами ее хранения и транспортировки. Тем более менеджеры, принимающие, определенный вид продукции для продажи, должны учитывать не только потребительские свойства, но и патентную защищенность, возможность сохранения товарного вида и др.

Итак, качество объекта не существует объективно, но его содержание меняется в зависимости от этапа жизненного цикла, условий потребления и требований той или иной группы потребителей.

Для того чтобы правильно определить состав свойств, образующих качество, и выполняют описание ситуации оценивания.

При составлении описания ситуации оценивания следует:

- привести наиболее подробное описание группы однородных объектов, к которой принадлежит оцениваемый объект, указывая как можно больше отличительных признаков этой группы;
- составить описание жизненного цикла объекта и особенно тщательно описать те этапы, на которых будет произведено оценивание качества;
- перечислить группы потребителей, сталкивающихся с объектом оценивания на данном этапе жизненного цикла и предъявляющих к объекту одинаковые требования. Обосновать отказ от учета требований некоторых из этих групп и перечислить требования учитываемых групп (группы пользователей, с позиций которых будет проведена разработка методики оценивания качества, указывает преподаватель).

При описании жизненного цикла объекта следует учесть:

- возможность модернизации объекта до окончания его жизненного цикла;
  - срок морального устаревания;
  - необходимость проверки патентной чистоты объекта;
  - факт регистрации промышленного образца;
  - особенности страны использования;
  - место объекта в типоразмерной классификации;
  - воздействие объекта на окружающую среду;
  - способ уничтожения объекта без вреда для человека и окружающей среды
- и другие обстоятельства, могущие оказать влияние на качество.

**Например.** Пусть предстоит разработать новый тип пассажирских автобусов. На конкурс представлено несколько проектов автобусов с различными конструктивными элементами. Описание требований к автобусам, определяющее ту группу вариантов, внутри которой будет произведено оценивание качества, может быть таким:

"Автобусы, предназначенные для эксплуатации в условиях крупного города средней полосы России, Эксплуатация предполагается в весенне-летне-осенний период. Перевозка пассажиров осуществляется в пределах города. Обслуживание туристов не предусмотрено. Специализация для перевозки детей и инвалидов не предусмотрена"

Как правило, в ходе составления технического задания и далее неоднократно приходится дополнять описание однородных групп.

## 2. ОПРЕДЕЛЕНИЕ РЕШЕНИЙ

Решения, принимаемые в отношении объекта, главным образом; делятся на две группы:

- не зависящие от того, какие оценки качества получены другими, объектами (далее "независящие");
- зависящие от этого обстоятельства (далее "зависящие");

Зависящие решения чаще всего состоят в выборе одного объекта, получившего высшую оценку качества, например для закупки, или же в установлении взаимного расположения нескольких объектов, например с целью премирования. В этом случае принимаемые решения так и формулируют: "Премировать объекты, занявшие первые 3 места" и т.п.

Независящие решения при применении алгоритма типа "дерево свойств" должны образовывать шкалу порядка так, чтобы нарастающую оценку качества соответствовали все "лучшие" решения. Например, при оценивании технического состояния генераторов электростанций, принимаемые решения могут быть:

- сохранение действующего генератора;
- перевод генератора в пиковую часть графика нагрузок;
- ремонт генератора с последующим переводом в пиковую часть;
- замена генератора новым.

Решения, принимаемые в отношении оцениваемой продукции, должны вытекать из ситуации оценивания и технических характеристик. Их определения по данным измерения частных показателей являются не только целью всей работы по созданию методики оценивания качества (МОК), но и средством проверки полноты и правильности разработанного алгоритма. Только полный перебор всех возможных сочетаний значений частных показателей с одновременной проверкой правильности принимаемого решения гарантирует безошибочность самой МОК.

### 3. ФОРМИРОВАНИЕ НАБОРА ЧАСТНЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ И ВЫПОЛНЕНИЕ ГРУППИРОВОК

Показатели качества оцениваемой продукции выбирают, используя описание ситуации оценивания и учитывая, главным образом, требования тех групп потребителей, которые сталкиваются с продукцией на данном этапе жизненного цикла. Следует учесть также условия потребления и, особенно, решения, определенные согласно прил.2.

Формирование набора частных показателей начинают с составления перечня групп свойств, которые, предположительно, могут быть использованы в ситуации оценивания. Например, это могут быть группы:

- Назначения;
- Надежности;
- Эргономические;
- Эстетические;
- Технологичности;
- Стандартизации и унификации;
- Патентно-правовые;
- Экологические;
- Безопасности.

Вначале следует подумать, все ли необходимые группы приведены в этом перечне. Например, если продукция предназначена для использования в особых условиях (тропических и т.д.), необходимо ввести группы показателей, характеризующих эти условия. Некоторые из приведенных групп наверняка выпадут в связи с условиями потребления. Например, если речь идет об оценивании качества закупаемой продукции, то показатели технологичности и патентно-правовые могут не интересовать закупающего. В отчете следует привести перечень всех групп показателей, которые были рассмотрены, и обосновать отказ от использования некоторых из них.

Когда перечень требуемых групп сформирован, следует составить перечень частных показателей, входящих в эти группы.

Например, в группу показателей назначения машиностроительной продукции могут быть включены показатели:

- Производительность;
- Скорость;
- Мощность;
- Выход полезного вещества;
- Проходимость;
- Чувствительность;
- Предельная рабочая температура.
- Маневренность;

На данном этапе не обязательно, чтобы каждый частный показатель был однозначно отнесен к какой-либо группе.

При составлении исходного перечня показателей должны быть использованы межотраслевые и отраслевые технические и нормативные документы, классифицирующие данную продукцию по назначению и условиям применения. Перечень этих документов должен быть приведен в отчете. Дополнительно можно использовать литературу, посвященную вопросам создания и эксплуатации объектов, подлежащих оцениванию, и опрос экспертов.

Составив список показателей, объединяют их в группы, присваивая каждой группе свое название; "назначения", эстетические", "эргономические" и т.п. Кроме автора разработки эту группировку выполняют 2 "эксперта" и преподаватель. Преподаватель может корректировать состав показателей, объединяя тождественные, по их суждению, и дописывая новые. Некоторые показатели качества могут быть включены одновременно в несколько групп одного уровня.

Статистическая обработка группировок включает поиск "выпадающих" объектов, поиск "согласованных" и "выпадающих" групп объектов и построение обобщенной группировки.

Показателем принадлежности объекта  $a$  к группе  $S$  служит число  $a$ , указывающее ту часть экспертов, которые включили объект  $a$  в данную группу. Показатель  $a$  называется "уровнем согласованности" экспертов в отношении объекта  $a$ :

$$a = \frac{n(a)}{n}$$

где  $n(a)$  - число экспертов, включивших показатель  $a$  в группу  $S$ :

$n$  - общее число экспертов.

Для включения объекта  $a$  в обобщенную группу  $S_o$  выбирают критическое значение  $a$ , достижение или превышение которого означает включение объекта  $a$  в группу  $S_o$ . В наиболее ответственных случаях  $a_{кр} = 1,0$ ; в менее ответственных - 0,8; 0,66, но не ниже 0,5.

Показателем согласованности индивидуальной группировки  $j$ -го эксперта с группой  $S$  служит число  $\beta$ , указывающее долю тех объектов из этой индивидуальной группировки, которые входят в обобщенную группу  $S_o$  —  $m_j(S_o)$ , — от всех объектов этой индивидуальной группировки —  $m_j$ .

$$\beta = \frac{m_j(S_o)}{m_j},$$

где  $m_j(S_o)$  — число объектов, входящих в обобщенную группу  $S_o$ ;  
 $m_j$  — общее число объектов в  $j$ -й индивидуальной группировке.

Индивидуальную экспертную группировку считают выпадающей, если  $\beta \leq 0,8$  или в менее ответственных задачах  $\beta \leq 0,5$ .

Если группируемым объектам присвоены весовые коэффициенты  $g_i$ , то показатель согласованности  $\beta$  может быть рассчитан с учетом этих величин.

**Пример.** При оценивании качества нового типа пассажирского автобуса предложены следующие единичные показатели, характеризующие комфортность для пассажиров:

- |                                  |                                      |
|----------------------------------|--------------------------------------|
| 1) Температура воздуха в салоне; | 8) Освещенность в вечернее время;    |
| 2) Инсоляция (ИК поток);         | 9) Запыленность воздуха;             |
| 3) Подвижность воздуха;          | 10) Удобство прохода к сидячим мест- |
| 4) Возможность вентиляции;       | там;                                 |
| 5) Относительная влажность воз-  | 11) Обзорность с сидячих мест;       |
| духа;                            | 12) Удобство сидячих мест;           |
| 6) Ультрафиолетовое излучение;   | 13) Высота ступеней при входе;       |
| 7) Наличие застойных запахов;    | 14) Расстояние между дверями.        |

Предложены следующие группировки этих показателей четырьмя экспертами:

	$S_1$	$S_2$	$S_3$	$S_4$
$\mathcal{E}_1$	(1)(2)(3)(4)(5)	(6)(7)(9)	(8)(13)(14)	(10)(11)(12)
$\mathcal{E}_2$	(1)(2)(3)(7)	(4)(5)(9)	(6)(8)(11)	(10)(12)(13)(14)
$\mathcal{E}_3$	(1)(3)(4)(5)	(6)(7)(9)	(2)(8)(11)	(10)(12)(13)(14)
$\mathcal{E}_4$	(1)(2)(4)(5)(9)	(3)(6)(7)	(8)(11)(12)	(10)(13)(14)

Требуется проверить принадлежность объектов к каждой группе, проверить индивидуальные экспертные группировки на выпадение и сформировать обобщенные группы при  $a_{кр} = 0,66$ .

Рассчитываем значения уровня, согласованности  $a$  объектов по группам:

$S_1$	$S_2$	$S_3$	$S_4$
(1) 1,0	(3) 0,25	(2) 0,25	(10) 1,0
(2) 0,75	(4) 0,25	(6) 0,25	(11) 0,25
(3) 0,75	(5) 0,25	(8) 1,0	(12) 0,75
(4) 0,75	(6) 0,75	(11) 0,75	(13) 0,75



(5) 0,75	(7) 0,75	(12) 0,25	(14) 0,75
(7) 0,25	(9) 0,75	(13) 0,25	
(9) 0,25		(14) 0,25	

Следовательно, при  $a_{кр} = 0,66$  находим обобщенные группы:

$S_1$	$S_2$	$S_3$	$S_4$
(1)(2)(3)(4)(5)	(6)(7)(9)	(8)(11)	(10)(12)(13)(14)

Проверяем индивидуальные экспертные группы на выпадение, рассчитывая значения  $\beta$ :

	$S_1$	$S_2$	$S_3$	$S_4$
$\mathcal{E}_1$	1,0	1,0	0,5	0,67
$\mathcal{E}_2$	0,6	0,33	0,67	1,0
$\mathcal{E}_3$	0,8	1,0	0,67	1,0
$\mathcal{E}_4$	0,8	0,67	0,67	0,75

Принимая  $\beta_{кр} = 0,5$ , следовало бы исключить группировку эксперта  $\mathcal{E}_2$  в группе  $S_2$ . Но, как легко проверить, обобщенная группировка от этого не изменится. Если бы обобщенная группировка изменилась, следовало бы вновь рассчитать показатели согласованности индивидуальных групп и повторить построение согласованной группировки.

Если бы в результате проверки принадлежности объектов к каждой группе было обнаружено, что один или несколько объектов не вошли ни в одну группу, это означало бы, что либо эти объекты образуют особую группу, либо их описания по-разному поняты разными экспертами. В этом случае необходимо провести обсуждение с экспертами возникшей ситуации и принять соответствующее решение.

#### 4. ПОСТРОЕНИЕ «ДЕРЕВА СВОЙСТВ»

Следует придерживаться следующих правил построения "дерева свойств":

- 1) На последнем уровне дерева свойств располагают частные показатели, непосредственно измеренные инструментальным или экспертным способом.
- 2) В "дерево" должны быть включены все показатели, которые были выявлены в ходе выполнения операции по приложению
- 3) Исключение показателей возможно только после определения их оценок весомости согласно приложению 5.3.

Показатели, определяющие надежность (сохраняемость, безотказность, ремонтпригодность, долговечность), не следует включать в "дерево свойств"? Их учитывают при вычислении значения комплексного показателя качества объекта в виде коэффициента использования  $K_{ис}$  (см. приложение 8).

4) Для большинства объектов машиностроительной продукции начальные уровни дерева свойств могут быть получены как частные случаи "дерева общих свойств" (рис. 2). Из "дерева общих свойств" следует исключить показатели, не соответствующие специфике оцениваемого объекта и ситуации оценивания, а также добавить показатели назначения.

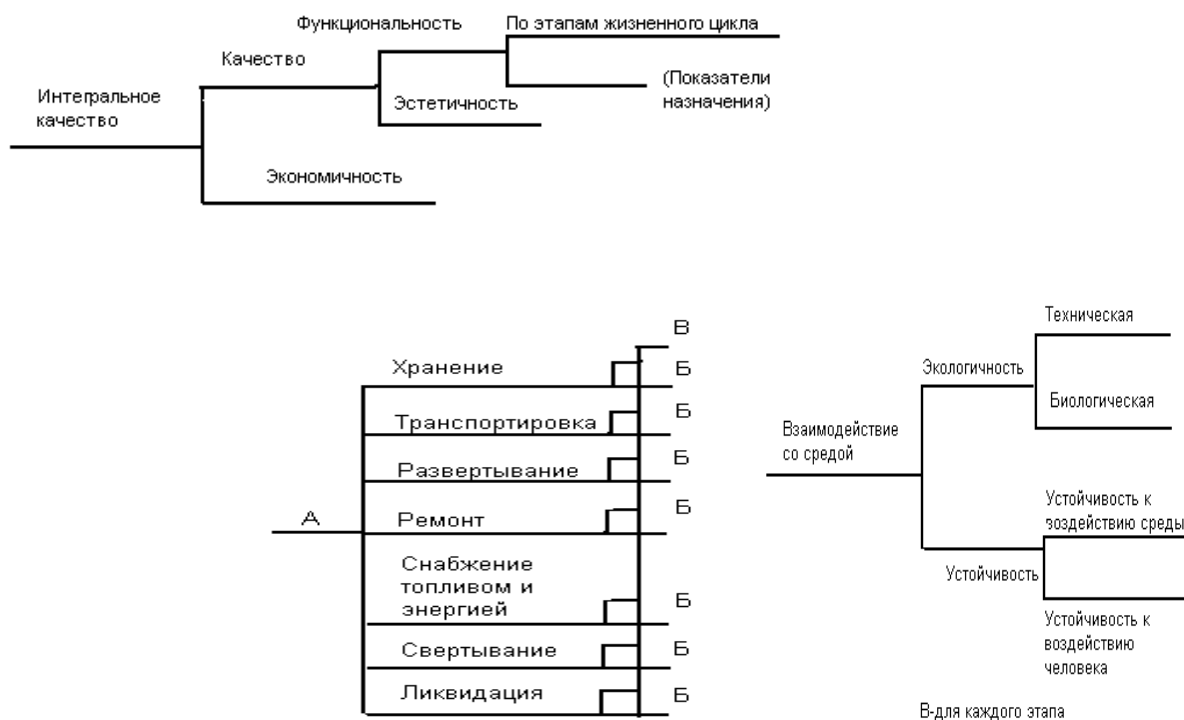


Рисунок 2 - Начальные уровни «дерева общих свойств».

Другие элементы «дерева общих свойств» см. в [1].

## 5. ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТОВ ВЕСОМОСТИ

При назначении коэффициентов весомости (так же как и экспертных оценок других видов) основное условие - возможность выполнить контрольную операцию, которая позволила бы экспертам повторно, с несколько иной точки зрения, назначить оценки тех же объектов. В настоящих методических указаниях для выполнения этого условия использована процедура частичных парных сравнений. Она позволяет сопоставить каждый объект с каждым, а затем несколькими путями рассчитать оценки весомости, что и обеспечивает выполнение контрольной операции. Парные сравнения выполняют следующим способом.

Берут группу объектов (частных показателей), подлежащих оцениванию. На бумаге строят таблицу размерностью  $(n-1)*(n-1)$ , где  $n$  — число показателей в группе. Вдоль левой и верхней сторонам таблицы заносят названия (или просто номера) показателей. Удобно записывать первым наиболее значимый, по предварительному суждению эксперта, показатель и далее — по убыванию значимости.

Наиболее значимый показатель оценивают в 10 баллов. Сравнивая его со вторым показателем, последнему проставляют в первой строке (в ячейку (1,2)) оценку в баллах, соответствующую его значимости, например 6 баллов. После этого первый показатель сравнивают с третьим и т.д. Закончив заполнение первой строки, таким же способом заполняют вторую, принимая на этот раз весомость второго показателя в 10 баллов и т.д. Пример заполненной экспертом таблицы приведен на рис. 3.

	(2)	(3)	(4)	(5) Относительная влажность
(1)Температура воздуха в салоне	6	4	2	2
(2) Инсоляция	X	8	4	2
(3)Подвижность воздуха		X	5	3
(4)Возможность вентилляции			X	6

Рисунок 3- Вид индивидуальной заполненной матрицы парных сравнений (числа условные)

Заполняют таблицы 3 "эксперта".

Обработка заключается в следующем:

- 1) Вычисляют относительные оценки весомости каждого показателя несколькими путями.
- 2) Если относительные оценки весомости некоторого показателя у одного эксперта, полученные различными путями, расходятся более чем на 0,2, проводят повторный опрос эксперта, указывая ему обнаруженное несоответствие.
- 3) Если относительные оценки весомости некоторого показателя у одного эксперта, полученные различными путями, расходятся более чем на 0,2, проводят повторный опрос эксперта, указывая ему обнаруженное несоответствие.
- 3) Если относительные оценки весомости одного и того же показателя у 18

разных экспертов расходятся более чем на 0,2, то проводят обсуждение расхождений и корректируют индивидуальные оценки.

4) Если оценки весомости согласованы, вычисляют их среднее значение по всем экспертам, что и дает окончательную оценку весомости.

Пример. Используем индивидуальную заполненную таблицу, приведенную на рис. 3.

Отношение весомостей показателей следующее:

(5) : (4)	(3) : (4)	(3) : (2)	(2) : (1)
1,0	0,5	0,67	0,6
0,5	0,5	0,8	
0,6	0,5		
0,6			

Как видно, только для отношения (5):(4) наблюдается недопустимое расхождение. Допустим, после указания на это расхождение эксперт проставил в ячейке (1.5) значение в 1 балл. Тогда получаем внутренние согласованные оценки и рассчитываем индивидуальные средние:

(5) : (4)	(3) : (4)	(3) : (2)	(2) : (1)
1,0	0,5	0,67	0,6
0,5	0,5	0,8	
0,6	0,5		
0,6			
0,55	0,5	0,73	0,6

Рассчитываем нормированные коэффициенты весомости.

Обозначим через  $x$  весомость самого малозначащего, пятого, показателя.

Тогда весомость 4-го показателя будет  $\frac{x}{0,55}$ , весомость 3-го показателя —

$\frac{x}{0,55*0,5}$  и так далее. Поскольку сумма весомостей всех показателей равна 1,

получаем уравнение:

$$x + \frac{x}{0,55} + \frac{x}{0,55*0,5} + \frac{x}{0,55*0,5*0,73} + \frac{x}{0,55*0,5*0,73*0,6} = 1.$$

Откуда  $x=0,05$ ;  $g(1) = 0,42$ ;  $g(2) = 0,25$ ;  $g(3) = 0,18$ ;  
 $g(4) = 0,09$ ;  $g(5) = x = 0,05$ .

Тогда весомость 4-го показателя будет  $\frac{x}{0,55}$ , весомость 3-го показателя —  $\frac{x}{0,55*0,5}$  и так далее. Поскольку сумма весомостей всех показателей равна 1, получаем уравнение:

$$x + \frac{x}{0,55} + \frac{x}{0,55*0,5} + \frac{x}{0,55*0,5*0,73} + \frac{x}{0,55*0,5*0,73*0,6} = 1.$$

Откуда  $x=0,05$ ;  $g(1) = 0,42$ ;  $g(2) = 0,25$ ;  $g(3) = 0,18$ ;  
 $g(4) = 0,09$ ;  $g(5) = x = 0,05$ .

Поскольку весомости показателей (4) и (5) меньше 0,1, исключаем последний из них и пересчитываем весомости:

$$x + \frac{x}{0,5} + \frac{x}{0,5*0,73} + \frac{x}{0,5*0,73*0,6} = 1$$

Откуда  $x = 0,1$ ;  
 $g(1) = 0,44$ ;  $g(2) = 0,27$ ;  $g(3) = 0,19$ ;  $g(4) = 0,10$ .

Рассчитав аналогично нормированные коэффициенты весомости других экспертов, находим (в случае их согласованности) групповые средние, которые и представляют собой окончательные значения.

## 6. ПОСТРОЕНИЕ КРИВЫХ ИЗОЛИРОВАННОГО ВЛИЯНИЯ

Для построения кривых изолированного влияния используют способ вспомогательной шкалы. Вспомогательная шкала представляет собой совокупность балльных оценок, снабженных описаниями, составленными в достаточно общей форме, так, чтобы они были применимы для оценивания различных проявлений любого показателя. Например, вспомогательная шкала для оценивания влияния показателей комфортности в салоне автобуса может иметь следующий вид. (А или В):

А	В
10 Оптимальное проявление показателя. Дискомфорт неощутим.	+4 Оптимально
Хорошее проявление показателя. Не- 8 большой дискомфорт ощутим при длительном воздействии	+2 Хорошо
6 Хорошо. Однако длительное воздейст- вие трудно переносимо	0 Нейтрально
4 Удовлетворительно. Дискомфорт ощутим уже при коротком пребывании	-2 Плохо
2 Плохо. Дискомфорт весьма ощутим. Длительное пребывание невозможно плохо	-4 Недопустимо

- 0 Весьма плохо. Пребывание возможно лишь короткое время

Вспомогательная шкала может иметь и более подробные описания градаций. Например, для оценки качества условий труда работающих в тяжелых микроклиматических условиях ("горячие цеха", подземные работы и т.п.) разработанная вспомогательная шкала имела вид.

- 0 Работники не испытывают дискомфорта при длительной работе в течении смены и рабочей недели.
- 2 Ощущение некоторого дискомфорта в течении 1-2 часов к концу смены. Иногда повышенная усталость к концу смены.
- 3 Снижение комфортности в течении почти всей смены. Периоды затрудненного дыхания. Эпизодические нарушения ритмики сердечной деятельности Резкий дискомфорт в течение всей смены. Начальные проявления патологии сердечной деятельности.
- 4 Резкий дискомфорт в течение всей смены. Систематическое гиперпиоз. Начальные проявления патологии сердечной деятельности.

Построение кривой изолированного влияния начинают с изображения координатной системы. По горизонтальной оси откладывают значения оцениваемого показателя в его натуральном выражении, а по вертикальной — балльную оценку влияния того или иного значения, полученного с помощью вспомогательной шкалы.

Построение удобно начинать, определив минимальное значение показателя, являющееся абсолютно неприемлемым. Допустим, это температура в 0°С. Тогда, двигаясь вправо по шкале температур, выбираем значения, являющиеся "нейтральным", "хорошим", "оптимальным" и т.д., отмечая их соответствующими точками. Соединяя эти точки отрезками прямых, получаем кривую влияния.

Построим аналогичную кривую изолированного влияния для показателя "Подвижность воздуха" (м/с). Подвижность воздуха, иначе говоря сквозняк, является положительным микроклиматическим фактором при небольших скоростях воздуха и температурах, близких к оптимуму или более высоких. При низких температурах его роль меняется (см. прил. 7).

Поэтому здесь мы должны указать, что определение изолированной влияния какого-либо показателя на комплексную оценку качества всегда производят в предположении, что все остальные показатели находятся на оптимальном уровне.

Итак, построим координатную сетку для "Подвижности воздуха" и выполним построение кривой изолированного влияния (рис. 5).

## 7. УЧЕТ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ

Под "взаимодействием" градаций показателей понимают повышение или снижение комплексной оценки качества объекта при сочетании в нем этих градаций по сравнению с суммой изолированных влияний.

*Пример.* Рассмотрим взаимодействие показателей "Температура воздуха в салоне автобуса" (t°C) и "Подвижность воздуха" (м/с) (см. приложение 3).

Непрерывные количественные шкалы для обоих показателей мы для простоты примера разделим на градации следующим образом.

Температура, t°C	8-11;	12-17;	13-25
Подвижность воздуха, м/с	0-0,4;	0,5-0,8	0,9-1,2

Можно видеть, что градации составлены лишь для значений, близких к оптимальным. И это обстоятельство, действительно, характерно для определения взаимодействия. Практически ищут сочетания градаций, дающих оптимальное качество, но не сочетания, обеспечивающие максимальный дискомфорт.

Для проведения опроса экспертов составляют таблицу, по сторонам которой располагают градации рассматриваемых показателей, а в ячейках проставляют балльные оценки влияния на качество, но теперь уже не изолированного, а с учетом взаимодействия. Для приведенного примера таблица может иметь вид (рисунок 6).

t°	Подвижность воздуха, м/с		
	0,0-0,4	0,5-0,8	0,9-1,2
8-11	3(2)	2	1(2)
12-17	2	4	2
18-25	0(2)	2	4(2)

Рисунок 6 - Вид заполненной таблицы взаимодействия двух показателей

Количественной характеристикой взаимодействия является коэффициент взаимодействия. Его определяют как отношение балльной оценки сочетания градаций к той оценке, которая была бы поставлена при отсутствии взаимодействия.

С учетом того, что во 2-й строке и 2-м столбце приведены оценки влияния каждого показателя при оптимуме другого, значения, приведенные в скобках, могли бы характеризовать совместное влияние при отсутствии взаимодействия.

Таким образом, коэффициенты взаимодействия могут быть следующими:

$$k_{11} = \frac{3}{2} = 1,5; \quad k_{13} = \frac{1}{2} = 0,5; \quad k_{31} = \frac{0}{2} = 0; \quad k_{33} = \frac{4}{2} = 2.$$

## 8. УЧЕТ ПОКАЗАТЕЛЕЙ НАДЕЖНОСТИ

Для машиностроительной продукции к числу свойств, определяющих надежность, относят сохраняемость, безотказность, ремонтпригодность и долговечность. Свойства надежности нужны не сами по себе, а для того чтобы в процессе эксплуатации объекта дать возможность проявиться другим свойствам: функциональности, эстетичности, транспортабельности и др. Ввиду этой специфичности, свойства надежности не включают в "дерево свойств", но учитывают с помощью так называемого "коэффициента использования объекта".

$$K_{ис} = \frac{T_{cy} - T_{np}}{T_{cy}^{эм}},$$

где:  $T_{cy}$  — период существования объекта, — меньшее значение из двух времен: времени службы и времени морального износа;

$T_{np}$  — период простоя: та часть периода существования, когда объект находится в состоянии отказа или в ремонте (на техобслуживании);

$T_{cy}^{эм}$  — эталонный период существования, — меньшее значение из эталонного (нормативного) времени службы и нормативного времени морального износа.

Для продукции машиностроения и приборостроения подробные сведения об определении  $K_{ис}$  изложены в ГОСТ 27.003-83 "Выбор и нормирование показателей надежности".

Для каждого конкретного вида продукции должна быть построена кривая изолированного влияния  $K_{ис}$  на качество этого вида продукции (см. приложение б). По этой кривой находят балльную оценку влияния, на которую умножают комплексную оценку качества, найденную по другим показателям. Для продукции машиностроения и приборостроения подробные сведения об определении  $K_{ис}$  изложены в ГОСТ 27.003-83 "Выбор и нормирование показателей надежности".

Для каждого конкретного вида продукции должна быть построена кривая изолированного влияния  $K_{ис}$  на качество этого вида продукции (см. приложение б).



По этой кривой находят балльную оценку влияния, на которую умножают комплексную оценку качества, найденную по другим показателям.

#### СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Чекмарев А.Н. Квалиметрия и управление качеством. Ч.1. Квалиметрия: Уч. пособие/ А.Н. чекмарев. – Самара: Изд-во Самар. Гос. Аэрокосм. ун-та, 2010.- 172 с.
2. Азгальдов Г.Г. Квалиметрия для менеджеров: Учеб. пособие. Ч. I, П. М., 1996.
3. Гличев А.В., Рабинович. Г.О., Примаков М.И., Сеницын М.М. Прикладные вопросы квалиметрии. М., 1983.
4. Комплексные показатели и экспертные кривые в задачах управления энергетикой. М., 1979.
5. Райхман Э.П., Азгальдов Г.Г. Экспертные методы в оценке качества товаров. М., 1989.
6. Экспертная оценка качества промышленной продукции: Методические указания. М., 1987.