

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

---

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

## **ЭКСПЕРТНЫЕ МЕТОДЫ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА СТРОИТЕЛЬНЫХ ОБЪЕКТОВ**

Методические указания  
по выполнению самостоятельных работ

Под общей редакцией доктора технических наук,  
профессора Ю.П. Скачкова

Пенза 2013

УДК 65.012.012.001.5  
ББК 72.4(2)я73  
Э41

*Методические указания подготовлены в рамках проекта  
«ПГУАС – региональный центр повышения качества подготовки  
высококвалифицированных кадров для строительной отрасли»  
(конкурс Министерства образования и науки Российской Федерации –  
«Кадры для регионов»)*

Рекомендовано Редсоветом университета  
Рецензент – кандидат технических наук, доцент  
С.Н. Кислицына (ПГУАС)

Э41 **Экспертный** метод оценки качества строительных объектов:  
метод. указания по выполнению самостоятельных работ / В.И. Ло-  
ганина [и др.]; под общ. ред. д-ра техн. наук, проф. Ю.П. Скачкова. –  
Пенза: ПГУАС, 2013. – 48 с.

Приведено описание процедуры экспертизы при оценке качества строительных объектов.

Методические указания направлены на усвоение знаний и формирование умений по использованию углубленных теоретических и практических знаний, часть которых находится на передовом рубеже науки; осознание студентами основных проблем своей предметной области, при решении которых возникает необходимость в сложных задачах выбора, требующих использования количественных и качественных методов; развитие способности анализировать, синтезировать и критически резюмировать информацию; овладение навыками к адаптации современных систем управления качеством к конкретным условиям производства на основе международных стандартов.

Методические указания подготовлены на кафедре «Управление качеством и технология строительного производства» и базовой кафедре ПГУАС при ООО «Стройцентр» и предназначены для использования студентами, обучающимися по направлению 270800 «Строительство» (магистратура).

© Пензенский государственный университет архитектуры и строительства, 2013

© Логанина В.И., Макарова Л.В.,  
Карпова О.В., Чапаев Е.И., 2013

## ВВЕДЕНИЕ

Под *экспертом* (от латинского *expert* - опытный) следует понимать физическое лицо, имеющее опыт работы в определенной предметной области, обладающее необходимыми знаниями по рассматриваемому вопросу, а также способное высказать независимое мнение.

Экспертный метод - это решение задач на основе суждения (мнения) высококвалифицированных специалистов в соответствующей области знаний (наука, техника, экономика и т.д.). При экспертной оценке событий (явлений) необходимо: четко сформулировать цель исследования; правильно определить время свершения событий; разработать организацию опроса (интервью) и анкетирования; сформировать группу экспертов; обеспечить взаимную независимость их суждений, отсутствие авторитета должности или личности, влияющих на выбор альтернатив, и обобщить полученные результаты.

Методы экспертных оценок помогают установить степень сложности и актуальности проблемы, определить основные цели и критерии, выявить важные факторы и взаимосвязи между ними, выбрать наиболее предпочтительные альтернативы.

# Самостоятельная работа №1

## Экспертный метод оценки качества строительных объектов

**Цель работы** – научиться проводить экспертную оценку уровня качества строительных объектов.

### Общие сведения

При получении количественных оценок качества изделий и конструкций, которые будут пригодны как в системе управления качеством в строительстве, так и при решении частных задач по оценке и стимулированию повышения качества изделий и конструкций, при экспертизе объектов немаловажную роль играет экспертный метод оценки качества. Это связано с тем, что наряду со свойствами назначения, надежности и долговечности и т.д., численные значения которых могут быть определены аналитическим методом, существуют и такие свойства, количественную оценку которых можно получить лишь путем проведения экспертного опроса (например, показатели эстетичности, эргономичности). Кроме того, оценка коэффициентов весомости свойств в большинстве случаев также производится экспертным методом.

Излагаемый метод в теоретическом отношении базируется на принципах, обоснованных в квалиметрии. В практическом отношении метод подтвержден опытом, накопленным за период его успешной апробации при количественной оценке качества различных типов строительных объектов.

**Цель и сфера применения метода** – обеспечить получение количественных оценок качества и интегрального качества различных объектов. Эти оценки должны быть пригодны к использованию как в рамках систем управления качеством строительства, так и при решении частных задач по оценке и стимулированию повышения качества изделий, при выборе лучшего из нескольких разработанных вариантов.

**Условия применения.** Метод предназначен для использования только в тех ситуациях, в которых одновременно соблюдены следующие условия:

1. Наличие одного или нескольких объектов строительства определенного типа;
2. Необходимость получения оценки качества (или интегрального качества) объекта;
3. Отсутствие заранее разработанной квалиметрической методики оценки качества или готовых оценок качества таких же объектов (вычисленные ранее в данной или в других организациях);

4. Необходимость быстрой и с малыми трудозатратами оценки качества объектов;

5. Наличие возможности привлечь к работе по оценке качества 1-2 технических работников на 2-3 дня для выполнения машинописных, чертежных и вычислительных работ; 6-10 специалистов (экспертов) на 4-8 часов для работы в составе экспертной комиссии; 2 специалистов (одновременно) на 2-3 дня (из числа экспертов) для организации работы на всех этапах определения оценки качества объектов.

Если не соблюдено хотя бы одно из вышеперечисленных условий, то настоящий метод применять не следует.

**Эффективность применения.** Получаемые на основе этого метода оценки качества дают возможность не только сопоставлять различные объекты аналогичного типа, но и вычислять, насколько один объект лучше или хуже другого. Они также обеспечивают сопоставимость качества объектов разного типа.

Обычно экспертные методы применяются:

- 1) для определения величин отдельных характеристик качества продукции;
- 2) для определения объема информации о качестве продукции;
- 3) для определения величин коэффициентов весомости;
- 4) для ранжирования характеристик качества продукции;
- 5) для выбора процедур формализации характеристик качества продукции;
- 6) для выбора вида и типа выборочной средней при формировании функции оценивания.

**Основными принципами экспертного метода являются:**

- 1) применение метода обосновано, когда нельзя использовать другие более объективные методы (аналитические, расчетные);
- 2) исключение факторов, влияющих на искренность суждения экспертов;
- 3) независимость экспертов;
- 4) высокая компетентность экспертов;
- 5) достаточное количество экспертов;
- 6) допустимость математической обработки решений экспертов;
- 7) заинтересованность эксперта в работе.

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

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

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

3) тестирование по хорошо известным характеристикам качества продукции.

Для количественной оценки компетентности используют такую формулу:

$$K_{\text{КОМ}} = 0,4 K_{\text{КОМ}}^{\text{C}} + 0,6 K_{\text{КОМ}}^{\text{B}} \quad (1)$$

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

Согласованность мнений экспертов характеризуется преимущественно несмещенной оценкой дисперсии отчета (среднего квадратичного отклонения).

Такая оценка производится на этапе формирования группы экспертов измерений. Обычно используется несколько объектов измерений, которые в зависимости от их важности расставляются по шкале порядка или, что тоже самое, производится ранжирование объектов по выбранной шкале.

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

$$W = 12 * S / n^2 (m^3 - m), \quad (2)$$

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

$n$  – число экспертов;

$m$  – число объектов.

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

**Пример.** Определить степень согласованности мнений 5 экспертов при ранжировании объектов. Результаты ранжирования 7 объектов этими экспертами приведены в табл. 1.

Т а б л и ц а 1

Номер объекта	Номера экспертов					Сумма рангов	Отклонение от среднего арифметического	Квадрат отклонения от среднего арифметического
	1	2	3	4	5			
1	4	4	4	3	3	18	-2	4
2	3	3	3	4	4	17	-3	9
3	2	2	2	2	2	10	-10	100
4	6	6	5	5	6	28	8	64
5	1	1	1	1	1	5	-15	225
6	5	5	6	6	5	27	7	49
7	7	7	7	7	7	35	15	225
$P_{\text{cp}} = 140/7 = 20$								676

### Решение:

1. Находим среднее арифметическое рангов

$$P_{\text{ср}}=(18+17+10+28+5+27+35)/7=20.$$

2. Определяем сумму квадратов отклонения от среднего арифметического

$$S=676.$$

3. Находим коэффициент конкордации

$$W=12*676/25(343-7)=0,92.$$

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

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

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

### Организация экспертной комиссии

Сам термин «эксперт» предопределяет, что в состав комиссии должны входить достаточно квалифицированные специалисты, чья эрудиция в вопросах оценки качества продукции должна быть значительно выше среднего уровня.

Число членов комиссии не должно быть менее 6 (чтобы обеспечить достаточную точность выносимых комиссией оценок) и более 10 (чтобы чрезмерно не увеличивать трудоемкость работы).

В состав экспертной комиссии входят председатель и его заместитель, которые обеспечивают руководство работой комиссии и завершение ее в установленный срок.

Организаторы, эксперты и технические работники, отобранные для работы в комиссии, утверждаются в ее составе соответствующим приказом. В этом же приказе определяются цели и сроки работы комиссии, а также ее материальное и организационное обеспечение. Приказ издается, как правило, не позднее чем за неделю до начала работы комиссии.

Результаты работы комиссии (в виде вспомогательных материалов) представляются председателем на утверждение лицу, назначившему комиссию.

Экспертная комиссия может осуществлять упрощенную оценку в следующей последовательности.

**Первый этап. Формирование экспертной комиссии.**

**Второй этап. Разработка вспомогательных материалов.** Осуществляется только при отсутствии в распоряжении комиссии таких материалов и только один раз на всю группу объектов одного типа и заключается в:

- 1) составлении дерева свойств;
- 2) определение коэффициентов весомости;
- 3) определение значений базовых и экстремальных абсолютных показателей свойств.

**Третий этап. Оценка качества объекта.** Осуществляется в отдельности для каждого объекта и заключается в:

- 1) определении значения абсолютных показателей свойств;
- 2) определении значений относительных показателей свойств.

### **Составление дерева свойств**

*Дерево свойств* – это графическое представление разложения сложного свойства «качества» на совокупность простых единичных свойств, осуществляемое в виде последовательного многоуровневого подразделения каждого более сложного свойства на группу менее сложных.

Работы по составлению дерева свойств выполняются в два этапа. На первом этапе организаторами непосредственно составляется дерево свойств.

Второй этап заключается в проверке экспертами правильности построенного организаторами дерева свойств и внесении при необходимости соответствующих уточнений и исправлений.

При построении дерева свойств в ходе выполнения работы первого (особенно) и второго этапов целесообразно использовать следующую терминологию.

**Эквисатисные свойства** (от «экви» – одинаково и «сатис» – удовлетворять) – свойства, эквивалентные по своему влиянию на удовлетворение какой-то потребности.

**Группа свойств объекта** – это совокупность менее сложных свойств, на которые подразделяется эквисатисное им более сложное свойство (рис. 1).



Рис. 1. Пример деления сложного свойства на эквисатисную ему группу свойств

**Квазипростое свойство** – это такое сложное свойство, которое можно подразделить на группу менее сложных эквисатисных свойств, но которое не имеет смысла подвергать такому делению.

**Дерево свойств** – графическое изображение разветвляющейся структуры, состоящей из сложных свойств и связанных с ними групп свойств.

**Уровни рассмотрения дерева** – это участки дерева, заключенные между соседними вертикальными плоскостями, отделяющими сложное свойство от группы свойств (рис. 2). Уровни нумеруются слева направо (от 0-го до  $n$ -го).

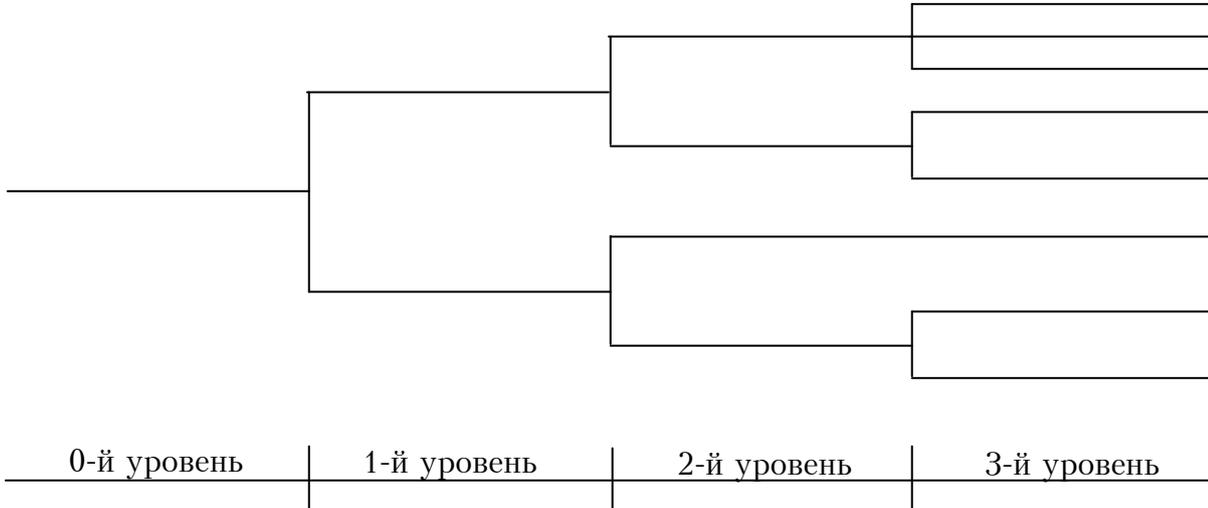


Рис. 2. Уровни рассмотрения дерева свойств

**Полное дерево свойств** – это дерево, разветвленное до  $n$ -го уровня, т.е. такое дерево, крайние правые ветви которого составляют только простые или квазипростые свойства.

**Неполное дерево свойств** – это дерево, разветвленное до уровня, номер которого меньше чем  $n$ . В неполном дереве крайние правые ветви его могут образовываться не только простыми и квазипростыми свойствами, но и сложными.

**Правила построения дерева свойств**

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



Рис. 3. Свойства первых двух уровней дерева, общие для подавляющего большинства типов объектов строительства

**Правило второе** (деление до полного дерева). Дерево для объектов любого типа должно "ветвиться" (т.е. сложные свойства должны подразделяться на менее сложные свойства) до тех пор, пока во всех группах свойств, находящихся на правом краю дерева, не останутся только простые (которые уже нельзя разделить) или квазипростые свойства. Иначе говоря, до тех пор, пока дерево не станет полным. Пример группы, включающей только простые свойства, приведен на рис. 4.



Рис. 4. Пример деления до простых свойств

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

Например, неправильно было бы делить свойство «функциональность жилого дома» так, как показано на рис. 5, а.

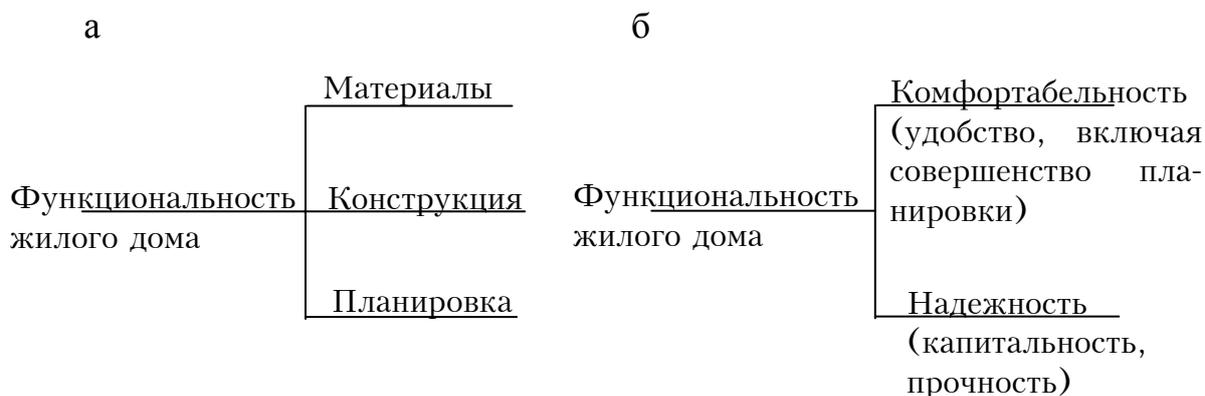


Рис. 5. Деление сложного свойства:  
а – неправильно; б – правильно

В данном случае только свойство «планировка» имеет явный потребительский характер. Материалы же и конструкции имеют для потребителя значение не сами по себе, а только в том отношении, в котором они позволяют обеспечить большое удобство (комфортабельность) или большую надежность (прочность, капитальность) жилого дома. Строго говоря, с точки зрения потребителя (жильца дома), не важно, из каких именно материалов и конструкций построен дом, важны только те показатели комфортабель-

ности, надежности и эстетичности, которые обеспечиваются используемыми при строительстве жилого дома материалами и конструкциями. Ведь одна и та же степень комфортабельности и надежности жилого дома может быть достигнута совершенно различными сочетаниями материалов и конструкций. С учетом этого, правильнее разделить свойство «функциональность» так, как показано на рис. 5, б.

**Правило четвертое** (деление по равному основанию). При делении любого сложного свойства на группу эквисатисных свойств признак, по которому осуществляется это деление, должен быть единым для всех свойств данной группы. Например, хорошо видно, что в группе, представленной на рис. 6, а, правило деления по равному основанию нарушено.

В самом деле, для свойства «удобство для персонала» признаком деления является категория людей, находящихся в столовой. Для свойства «микроклимат в обеденном зале» признак деления – характер факторов, влияющих на удобство пребывания в обеденном зале. А для свойства «высота вестибюля» признаком деления является характер факторов, определяющих габаритные размеры вестибюля. Таким образом, в группе свойств, приведенной на рис. 6, а, вместо одного имеется целых три признака деления, что явно недопустимо.

Поэтому, чтобы соблюсти правило деления по равному основанию неверный вариант, показанный на рис. 6, а, должен быть заменен верным (см. рис. 6, б)

**Правило пятое** (одновременное существование свойств в группе). Эквисатисные свойства, составляющие группу свойств, должны быть такими, чтобы оцениваемый объект в каждый момент времени мог одновременно обладать всеми этими свойствами. Соответственно и признак деления должен выбираться с учетом удовлетворения этому правилу. Например, во фрагменте дерева, приведенном на рис. 7, а, это правило нарушено. Сходный по характеру, но уже правильный пример деления на группу эквисатисных свойств приведен на рис. 7, б, где все свойства, составляющие группу, могут существовать одновременно.

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

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

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



Рис. 6. Построение дерева свойств:  
а – неправильно; б – правильно

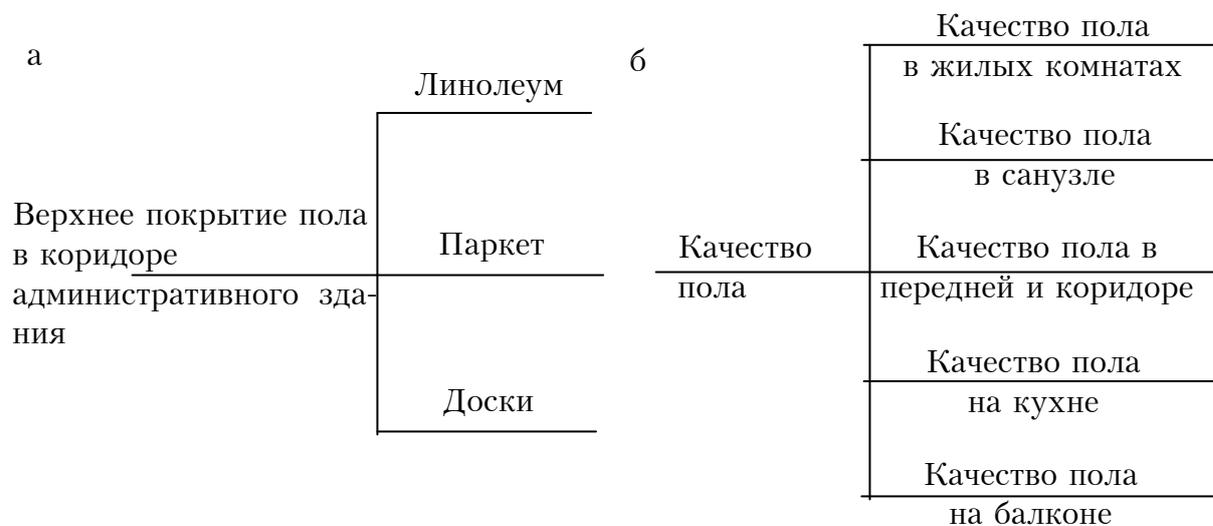


Рис. 7. Выбор признака деления:  
а – неправильно; б – правильно

Требования необходимости означает, что в группу должны включаться только те свойства, которые необходимы для обеспечения эквисатисности со сложным свойством (необходимы для того, чтобы определить это сложное свойство). Например, во фрагменте дерева на рис. 8 это требование не выполнено, так как если известны площадь и один из горизонтальных линейных размеров помещения (например, ширина), то другой горизонтальный линейный размер (длина) уже не является свойством, необходимым для того, чтобы судить о горизонтальных размерах помещения, а это означает, что он не является необходимым для обеспечения эквисатисности сложного свойства с группой свойств.



Рис. 8. Пример нарушения требования необходимого числа свойств

Требования достаточности означает, что в группе должны быть представлены все те свойства, которыми может определяться соответствующее эквисатисное сложное свойство. Например, во фрагменте дерева, приведенном на рис. 9, требование достаточности не удовлетворено: для того, чтобы судить о размерах помещения, недостаточно знать только его длину и ширину, а надо знать также и высоту.

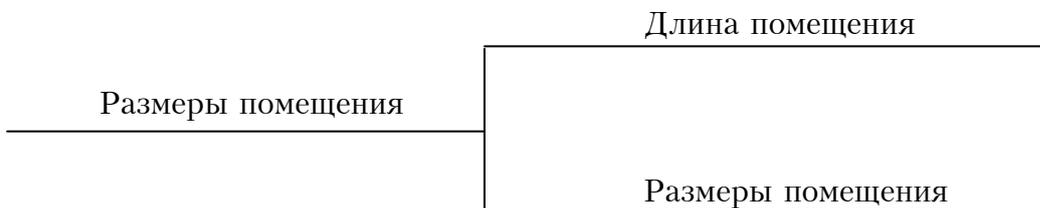


Рис. 9. Пример нарушения правила достаточности

Поэтому правильным делением свойства «размеры помещения», удовлетворяющим одновременно требованиям необходимости и достаточности, является то, которое показано на рис. 10.



Рис. 10. Пример правильного, удовлетворяющего требованиям необходимости и достаточности деления сложного свойства

**Правило седьмое** (минимум свойств в группе). В большинстве ситуаций при оценке качества дерева свойств является рабочим инструментом, которым пользуются эксперты. С учетом психологических возможностей эксперта желательно, чтобы в группе было минимальное число свойств (в идеале – два свойства). С этой точки зрения, фрагмент дерева, изображенный на рис. 10, целесообразно трансформировать так, чтобы путем введения в дерево еще одного уровня обеспечить нахождение в каждой группе не более двух свойств. Характер вносимых с этой целью корректировок легко обнаруживается при сравнении рис. 10 с рис. 11.



Рис. 11. Пример построения фрагмента дерева свойств с минимальным числом свойств в группе

**Правило восьмое** (приведение к последнему уровню). Число уровней, которые необходимо при этом использовать в дереве, может отличаться для разных сложных свойств. Поэтому при построении дерева свойств нужно поступить следующим образом. Построить дерево с учетом восьми изложенных выше правил. Затем определить самый «высокий» (т.е. имеющий самый большой номер  $m$ ) уровень, на котором оказались группа каких-то простых свойств, и до этого уровня вытянуть линии («ветки дерева») всех остальных простых и квазипростых свойств, которые оказались на других более «низких» уровнях. Характер такой операции для фрагмента дерева виден на рис. 11 (свойство «высота помещения» вытянуто до по-

следнего уровня, на котором находятся простые свойства «ширина» и «длина»).

## Определение коэффициентов весомости свойств

С точки зрения влияния на комплексную оценку качества проекта отдельные свойства, включаемые в дерево, неравнозначны по своей относительной весомости (важности). Отсюда и возникает необходимость учесть эти различия в относительной важности отдельных свойств с помощью так называемых коэффициентов весомости  $M$ .

Окончательно исправленное и согласованное с экспертами дерево передается техническим работникам для подготовки документации, необходимой для определения коэффициентов весомости всех свойств, включенных в дерево.

Технические работники вычерчивают дерево на большом листе бумаги (размером в несколько склеенных стандартных листов ватмана). Размеры изображенного дерева должны быть такими, чтобы на вертикально повешенном листе эксперты могли различать название каждого свойства с расстояния около 2 м.

Одновременно с вычерчиванием дерева технические работники нумеруют все его простые, квазипростые и сложные свойства в порядке, указанном на рис. 12.

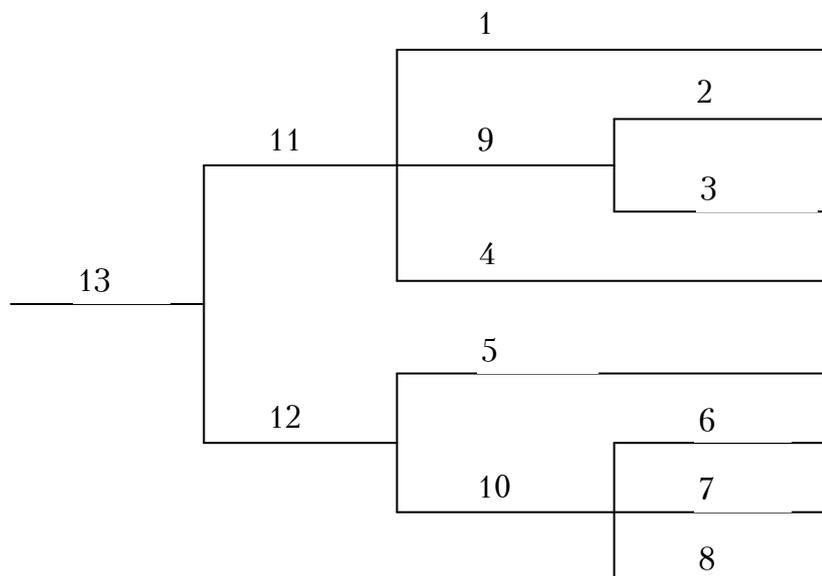


Рис. 12. Последовательность нумерации свойств

Коэффициенты весомости могут определяться аналитическим (неэкспертным) и экспертным методами в следующем порядке:

1) организаторы, анализируя исправленное и согласованное с экспертами дерево, определяют группы тех ее свойств, коэффициенты весо-

мости  $M$  которых могут быть определены аналитически, неэкспертным методом (обычно таких свойств бывает очень мало);

2) экспертным методом определяются коэффициенты весоности  $M$  всех остальных свойств дерева (не вошедших в число свойств, упомянутых выше);

3) технические работники аналитическим методом определяют коэффициенты весоности  $M$  свойств.

***Экспертный метод определения значений групповых нормированных коэффициентов весоности  $M$***

Технические работники подготавливают индивидуальные анкеты № 1 для определения каждым экспертом групповых ненормированных коэффициентов весоности  $M''$  (табл. 2)

Т а б л и ц а 2

Анкета № 1

Номера свойств	Групповые ненормированные коэффициенты весоности $M''$	
	Тип 1	Тип 2
2	60	-
3	100	
6	100	100
7	20	25
8	50	50
1	100	-
9	100	
4	30	
5	100	100
10	15	20
11	100	-
12	100	

Все свойства в анкете располагаются только по группам в соответствии с их группировкой на дереве свойств (см. рис. 12).

Например, сначала идут свойства 2, 3, а не свойство 1, которое входит в другую группу свойств более низкого уровня (свойства 1, 9, 4).

В эти анкеты включаются только те группы свойств, значения коэффициентов весоности которых не могут быть определены аналитическим методом.

Число подготовленных анкет должно быть на единицу больше числа экспертов, назначенных в комиссию (так как один из двух организаторов, обычно заместитель председателя комиссии, тоже участвует в опросе в качестве эксперта).

Технические работники подготавливают также одну сводную анкету. Форма такой анкеты приведена для семи экспертов и дерева свойств, показанного на рис. 12. В эту анкету (также как и в индивидуальные анкеты) включаются только те группы свойств, величины коэффициентов весоности

сти которых, по мнению организаторов, не могут быть определены аналитическим методом.

Ведущий (функции которого исполняет один из организаторов, обычно председатель комиссии) рассаживает экспертов за столами в один или в два ряда достаточно компактной группой.

В соответствии с их расположением в группе каждый эксперт нумеруется числами 1, 2, и т. д. Номер, присвоенный эксперту, определяет порядок, в котором эксперты дают свои ответы.

Перед группой экспертов на расстоянии не более 1,5-2 м на вертикальной, хорошо видимой плоскости, закрепляется лист с изображением дерева. Между этим листом и экспертами за отдельным столом располагается ведущий, в обязанности которого входит непосредственное руководство процедурой экспертного опроса. Он вносит даваемые экспертами ответы в сводную анкету. При этом желательно, чтобы сводная анкета также была видна всем экспертам.

Ведущий предлагает экспертам независимо друг от друга (т.е. без общения между собой) дать количественную оценку групповым ненормированным коэффициентам весомости  $M''$  свойств каждой группы (в соответствии с деревом на рис.12 и индивидуальной анкетой).

Групповые ненормированные коэффициенты весомости  $M''$  должны назначаться с учетом того влияния, которое, по мнению данного эксперта, оказывают отдельные входящие в группу свойства на соответствующее эквисатисное более сложное свойство предыдущего уровня. Например, применительно к дереву, изображенному на рис.12, коэффициенты весомости для свойств 2 и 3 ( $M''_2, M''_3$ ) должны назначаться с учетом влияния этих свойств на соответствующее эквисатисное им более сложное свойство 9.

Ведущий при этом разъясняет экспертам, что значение группового ненормированного коэффициента весомости  $M''$  для каждого свойства может изменяться от 0 (свойство абсолютно не имеет значения) до 100% (свойство самое важное).

Эксперты определяют ненормированные коэффициенты весомости  $M''$  следующим способом.

Из числа свойств, входящих в группу, эксперт определяет, с его точки зрения, наиболее важное и присваивает ему групповой ненормированный коэффициент весомости  $M''$ , равный 100 %. Эта цифра так же, как и последующее значение групповых ненормированных коэффициентов весомости  $M''$ , заносится в графу «Гур 1» напротив соответствующего свойства в индивидуальной анкете.

Из оставшихся в группе свойств эксперт снова выбирает, с его точки зрения, наиболее важное и, сравнивая его со свойством, получившим оценку 100 %, назначает ему в процентах такой групповой ненормированный коэффициент весомости  $M''$ , который показывает, во сколько раз это свойство менее важно.

Если, с точки зрения эксперта, два или более свойств в группе имеют одинаковую важность, им назначаются одинаковые групповые ненормированные коэффициенты весомости  $M''$ .

После того как ведущий убедится, что каждый эксперт проставил в своей индивидуальной анкете значения групповых ненормированных коэффициентов весомости  $M''$  для первой группы рассматриваемых свойств, он предлагает всем экспертам в порядке присвоенных им номеров по очереди назвать значения этих коэффициентов. Одновременно технический работник заносит эти значения в сводную анкету (в графу «Тур 1»).

Далее ведущий анализирует назначенные экспертами количественные оценки с точки зрения максимальной величины расхождения между отдельными оценками.

Если значения групповых ненормированных коэффициентов весомости одних и тех же свойств, назначенных отдельными экспертами, отличаются друг от друга незначительно (в пределах до 20 %), то определение коэффициентов весомости ограничивается первым туром, и для свойств данной группы процедура экспертного опроса на этом заканчивается. После этого ведущий предлагает экспертам перейти к определению групповых ненормированных коэффициентов весомости свойств, входящих в следующие по порядку расположения в анкете группы свойств того же уровня, затем группы свойств предыдущего уровня и т.д. – вплоть до группы свойств первого уровня.

Если в ходе первого тура опроса расхождение между крайними значениями одного и того же группового ненормированного коэффициента весомости, назначенными разными экспертами, превышает примерно 20%, ведущий устраивает краткое обсуждение.

Для этого он предлагает экспертам, назначившим наиболее отличающиеся от общей массы значения групповых ненормированных коэффициентов весомости, очень кратко изложить причины, по которым они назначили эти значения коэффициентов  $M''$ . Цель подобного краткого обсуждения – дать экспертам дополнительную информацию, которая у некоторых из них до выступления других экспертов возможно отсутствовала. Затем ведущий прекращает обсуждение и назначает повторный второй тур экспертного опроса, проводимый в таком же порядке, как и первый. Результаты этого тура заносятся в индивидуальные и сводную анкеты в графу «Тур 2».

Если дерево достаточно разветвлено (имеет больше пяти уровней или больше 60 простых свойств), имеет смысл проводить экспертный опрос не точно в том порядке, в котором отдельные группы свойств помещены в анкету, а в порядке, позволяющем экспертам сначала рассмотреть все свойства, которыми определяется одно из сложных свойств первого уровня, затем все свойства, влияющие на другое сложное свойство этого же уровня, и т.д.. Например, применительно к рис. 12 свойства должны рассматриваться экспертами в таком порядке: 2, 3; 1, 9, 4; 6, 7, 8; 5, 10; 11, 12.

Подобный порядок опроса облегчает задачу экспертов, так как им в этом случае приходится рассматривать близкие по характеру свойства.

По окончании экспертного определения групповых ненормированных коэффициентов вычисляются их средние арифметические (по всем экспертам) значения по данным первого тура (для тех групп свойств, по которым проводился только один тур опроса) или по данным второго тура (если проводилось два тура). Полученные данные заносятся в соответствующие графы сводной анкеты.

### **Пример**

Семь экспертов для одного из свойств, входящих в группу, назначили следующие значения ненормированного коэффициента весомости  $M''$ , %: 60, 50, 70, 60, 55, 70, 65. Тогда среднее по всем 7 экспертам значение ненормированного коэффициента весомости для этого свойства будет

$$M'' = \frac{60 + 50 + 70 + 60 + 55 + 70 + 65}{7} = \frac{430}{7} = 61,4.$$

Затем определяется сумма  $\Sigma$  всех средних групповых ненормированных коэффициентов весомости  $\bar{M}''$  в группе. Например, если средние по всем экспертам значения групповых ненормированных коэффициентов весомости трех свойств в группе составляют  $M_1''=95\%$ ,  $M_9''=81\%$ ,  $M_4''=100\%$ , то  $\Sigma M'' = 95 + 81 + 100 = 276\%$ . Полученные результаты заносятся в сводную анкету.

Далее определяются групповые нормированные коэффициенты весомости  $M'$  по формуле  $M' = \bar{M}'' / \Sigma \bar{M}''$ .

Например,

$$M_1' = 95 / 276 = 0,35; M_9' = 81 / 276 = 0,29; M_4' = 100 / 276 = 0,36.$$

Полученные данные также записываются в соответствующие графы сводной анкеты.

### ***Аналитический (неэкспертный) метод определения значений групповых нормированных коэффициентов весомости***

К группе свойств, величины коэффициентов весомости которых можно определить аналитическим путем относят те, которые, будучи однородными по своему характеру, уже по самой своей сущности позволяют выявить количественные соотношения между собой.

Например, пусть в дереве свойств имеется фрагмент такого типа, который изображен на рис.13.

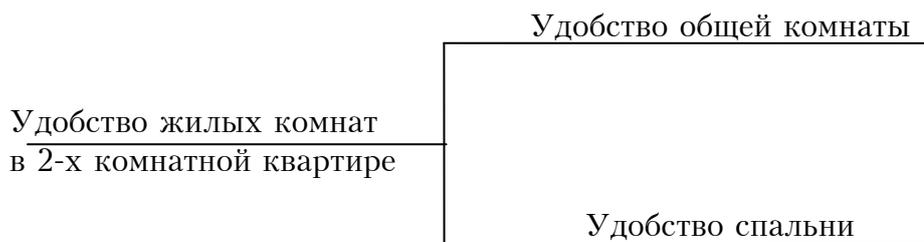


Рис. 13. Пример группы свойств, коэффициенты весомости которых могут быть определены аналитическим методом

Организаторам будет нетрудно заметить, что для группы, состоящей из подобных свойств, коэффициенты весомости в первом приближении можно принять пропорциональными площадям соответствующих помещений. Пусть известно, что площадь общей комнаты (ОК)  $S_{\text{ОК}}=16,8 \text{ м}^2$ , а площадь спальни (СП)  $S_{\text{СП}}=11,4 \text{ м}^2$ . Тогда значения групповых нормированных коэффициентов весомости  $M'$  можно вычислить по формуле:

для общей комнаты

$$M'_{\text{ОК}} = \frac{S_{\text{ОК}}}{S_{\text{ОК}} + S_{\text{СП}}} = \frac{16,8}{16,8 + 11,4} = 0,6;$$

для спальни

$$M'_{\text{СП}} = \frac{S_{\text{СП}}}{S_{\text{ОК}} + S_{\text{СП}}} = \frac{11,4}{16,8 + 11,4} = 0,4.$$

Групповые нормированные коэффициенты весомости  $M'$ , определенные как экспертным, так и аналитическим методом, наносят на дерево свойств.

***Перевод групповых нормированных коэффициентов весомости  $M'$  в коэффициенты весомости  $M$***

Для контроля правильности вычислений надо следить за тем, чтобы сумма групповых нормированных коэффициентов весомости  $M'$  была равна 1 (с учетом всех свойств данной группы).

Однако эта операция нормирования групповых коэффициентов весомости обеспечивает равенство 1 суммы коэффициентов весомости только в пределах группы. Но для вычисления оценки качества нужно иметь такие коэффициенты весомости  $M$ , сумма которых будет равна 1 в пределах каждого уровня дерева. Иначе говоря, групповые нормированные коэффициенты весомости  $M'$  нужно перевести в уровневые нормированные коэффициенты весомости, соответствующие определению термина «коэффициент весомости свойства  $M$ ».

Вычисление коэффициентов весомости  $M$  осуществляется в следующем порядке. Пусть применительно к дереву, изображенному на рис. 12, для свойств 2, 9, 11 вычислены их групповые нормированные коэффициен-

енты весомости:  $M'_2 = 0,31$ ;  $M'_9 = 0,06$ ;  $M'_{11} = 0,54$  (эти данные берутся из граф сводной анкеты).

Коэффициент весомости  $M_2$  свойства 2 определится перемножением групповых нормированных коэффициентов весомостей  $M'$  тех свойств, которые иерархически связаны друг с другом, т.е. в данном случае свойств 2, 9 и 11 (см. рис. 12):

$$M_2 = M'_2 \cdot M'_9 \cdot M'_{11} = 0,31 \cdot 0,06 \cdot 0,54 = 0,01.$$

Для удобства значения групповых нормированных коэффициентов весомости  $M'$  и коэффициентов весомости  $M$  пишут непосредственно на дереве после номера и названия соответствующего свойства в виде дроби, где в числителе – значение  $M'$ , а в знаменателе – значение  $M$ . Для большей наглядности дробь выделяют прямоугольником (или кружком).

В результате, каждое свойство, входящее в дерево, будет иметь четыре характеристики (рис. 14).

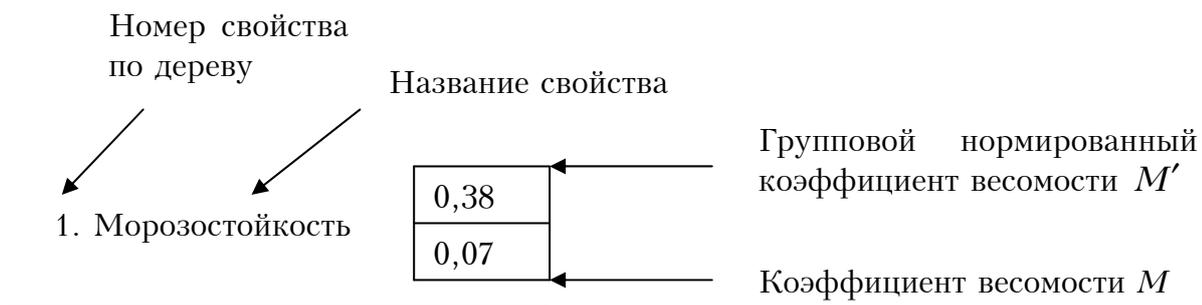


Рис. 14. Четыре характеристики каждого свойства, указываемые на дереве свойств, после вычисления коэффициентов весомости

Для проверки правильности вычисления коэффициентов весомости  $M$  технический работник должен просуммировать записанные на дереве в знаменателях коэффициенты весомости  $M$  всех свойств дерева, находящихся на одном уровне. Равенство суммы единице для каждого уровня дерева будет свидетельствовать о том, что вычисления сделаны без ошибок. Построенное дерево свойств вместе с нанесенными на него значениями коэффициентов весомости используется в дальнейшем для оценки качества изделий.

Таблица 3

## Сводная анкета

Номера свойств по дереву	Групповые (ненормированные $M''$ и нормированные $M'$ ) коэффициенты весомости									
	Тип 1									
	Ответы экспертов при определении $M''$							Вычисление групповых нормированных коэффициентов весомости $M''$		
	1	2	3	4	5	6	7	Средний по экспертам групповой ненормированный коэффициент весомости	Сумма средних групповых ненормированных коэффициентов весомости $\bar{M}''$ всех свойств в группе $\sum \bar{M}''$	Групповой нормированный коэффициент весомости каждого свойства $M' = \frac{\bar{M}''}{\sum \bar{M}''}$
2	60	50	70	60	55	70	65	61,4	161,4	0,38
3	100	100	100	100	100	100	100	100		0,62
6										
7										
8										
1										
9										
4										
5										
10										
11										
12										

**Пример.** Квалиметрическая оценка блоков дверных деревянных филенчатых.

В упрощенном виде квалиметрический анализ объекта исследования заключается в выделении основных или наиболее важных его свойств и характеристик. Для выполнения данного анализа составим табл. 4, в которую занесем показатели качества деревянных дверей, для подтверждения качественных и количественных параметров которых укажем все нормативные документы, распространяющиеся на изделие. Кроме того, определим, к какому типу показателей качества (назначения, безопасности, технологичности и т.п.) относятся выделенные показатели.

Т а б л и ц а 4

## Показатели качества деревянной филленчатой двери

Показатель качества	Тип показателя качества	Контроль показателей качества	Регистрация результатов
1	2	3	4
Фактические геометрические размеры, мм	Уровень исполнения	Определение геометрических размеров осуществляется по ГОСТ 475 (п. 5.3)	Журнал приемочного контроля
Отклонения от: – номинальных размеров изделия, мм  – перпендикулярности, мм/м  – плоскостности, мм	Уровень исполнения	Предельные отклонения от внешних размеров полотен в соответствии с ТУ 5361-001-43071418: по высоте – 2,5; по ширине – 2 Отклонение от перпендикулярности сторон полотен измеряют с точностью до 0,1 мм с помощью угломера с нониусом по ГОСТ 5378, угломера оптического, угольника поверочного 90° по ГОСТ 3749, щупов по ГОСТ 8925 или индикатора часового типа по ГОСТ 577 Отклонение от плоскостности полотен определяют по СТ СЭВ 4181-83 измерением максимального зазора между их поверхностью и поверхностью поверочной линейки с помощью индикаторов, штангенглубиномера и набора щупов. Показатель проверяют в поперечном, продольном и диагональном направлениях	Журнал приемочного контроля
Внешний вид, балл	Эстетичность	Качество лицевых деревянных поверхностей дверей с законченным отделочным покрытием должно соответствовать III классу по ГОСТ 24404, а с незаконченным отделочным покрытием – IV классу	Журнал приемочного контроля
Шероховатость поверхностей, мкм	Уровень исполнения	Шероховатость поверхностей дверей оценивают по ГОСТ 15612 или методом сравнения с эталонами. По ТУ 5361-001-43071418 нормативное значение $R_a$ должно быть не более 32 мкм (для лицевых поверхностей)	Журнал операционного контроля

Продолжение табл. 4

1	2	3	4
Надежность, цикл «открывание-закрывание»	Надежность	Сущность метода в соответствии с СТ СЭВ 3285 заключается в контроле или определении безотказности дверей при многократном их открывании и закрывании в вертикальном положении с заданной скоростью	-
Прочность сцепления (адгезия) отделочного покрытия с поверхностью дверного полотна, балл	Уровень исполнения	В соответствии с ГОСТ 475 прочность сцепления (адгезии) лакокрасочных покрытий с отделываемой поверхностью должна быть не ниже 2-го и определяется методом «решетчатых надрезов» по ГОСТ 15140	
Прочность клеевых соединений – на скалывание вдоль волокон при склеивании древесины по толщине и ширине, МПа (кгс/см <sup>2</sup> )  – на изгиб при соединении по длине на зубчатые шипы дверных коробок, МПа (кгс/см <sup>2</sup> ) – на отрыв, Н/м	Уровень исполнения	В соответствии с ТУ 5361-001-43071418 прочность клеевых соединений на скалывание вдоль волокон должна быть не менее 4,0 (40). Испытание осуществляется по ГОСТ 15613.1.  Нормативное значение данного показателя в соответствии с ГОСТ 475 – не менее 20,0 (200). Испытание производится по ГОСТ 15613.4  Прочность клеевого соединения листовой облицовки с каркасом полотна на отрыв определяется по ГОСТ 25885 и должна быть не менее 1500	
Прочность угловых клеевых соединений, МПа (кгс/см <sup>2</sup> )	Уровень исполнения	В соответствии с ТУ 5361-001-43071418 прочность угловых клеевых соединений дверных коробок должна быть не менее 0,4 (4,0) и определяется по методике, изложенной в ГОСТ 23166 (п. 5.3.3, схема В)	-
Сопротивление створок статической нагрузке: – действующей в плоскости створок, Н	Надежность	Испытания дверных блоков по показателю «сопротивление створок статической нагрузке» осуществляется в соответствии с ГОСТ 24033 и ГОСТ 30109 (п.4)	-

Окончание табл. 4

1	2	3	4
– действующей перпендикулярно плоскости створок, Н			
Сопротивление ударной нагрузке, действующей в направлении открывания	Надежность	В соответствии с ГОСТ 26892 определение заключается в нанесении ударов в полотно запертой двери неупругим телом (грузом), падающим под действием силы тяжести в направлении открывания двери. После нанесения контрольного количества ударов (10) не должно возникнуть разрушений двери	–
Сопротивление дверного блока пробиванию	Надежность	Испытания по показателю «сопротивление пробиванию» осуществляется по СТ СЭВ 3284, нормативное значение сопротивления не нормируется	-
Влажность древесины деталей коробок дверей и дверных полотен, %	Уровень исполнения	По ТУ 5361-001-43071418 влажность дверного полотна должна соответствовать $(9\pm 3)\%$ . Методика испытания регламентируется ГОСТ 16588	Журнал операционного контроля
Показатель огнестойкости дверного полотна, ч	Назначение	В соответствии с ГОСТ 30247.2 огнестойкость двери определяется временем от начала одностороннего теплового воздействия на полотно до наступления одного или последовательно всех предельных состояний конструкции двери по огнестойкости	-

Для того чтобы перейти к составлению дерева свойств, необходимо для начала выбрать экспертов и предложить им список из простых свойств (частные показатели) для исследуемого изделия:

- |   |   |
|---|---|
| 1) трудоемкость изготовления изделия;     | 24) толщина дверного полотна;                                 |
| 2) материалоемкость;                      | 25) высота дверного полотна;                                  |
| 3) трудоемкость монтажа;                  | 26) ширина дверного полотна;                                  |
| 4) тяжесть труда при эксплуатации;        | 27) предельные отклонения от сопрягаемых размеров;            |
| 5) ресурсные затраты на демонтаж и отрыв; | 28) покوروبленность;  |
| 6) транспортабельность;                   | 29) отклонение от перпендикулярности сторон дверного полотна; |
| 7) долговечность;                         | 30) отклонение дверного полотна от                            |
| 8) сохраняемость;                         |   |

- |  |   |
|--|---|
| 9) прочность сцепления (адгезия) поверхностью дверного полотна;                                | плоскостности;  |
| 10) прочность клеевых соединений на утилизацию;  | 31) эргономическая обусловленность;                       |
| 11) прочность клеевых соединений на изгиб;   | 32) симметрия рисунка на полотне;                         |
| 12) прочность клеевых соединений на скалывание вдоль волокон;                                  | 33) отклонение от прямолинейности декоративной раскладки; |
| 13) прочность угловых клеевых соединений;  | 34) гармоничность единства частей и целого полотна;       |
| 14) сопротивление ударной нагрузке, действующей в направлении открывания;                      | 35) цветовое сочетание элементов полотна;                 |
| 15) сопротивление створок статической нагрузке, действующей в плоскости створок;               | 36) разнооттеночность;                                    |
| 16) сопротивление створок статической нагрузке, действующей перпендикулярно плоскости створок; | 37) цветовое решение;                                     |
| 17) сопротивление пробиванию;  | 38) рисунок;  |
| 18) влагостойкость;  | 39) блеск (матовость);                                    |
| 19) гигроскопичность;  | 40) качество сопряжения багета;                           |
| 20) влажность древесины полотна;   | 41) качество сопряжения филенок;                          |
| 21) теплопроводность;  | 42) четкость исполнения знаков и маркировки;              |
| 22) огнестойкость;   | 43) шероховатость поверхности;                            |
| 23) теплостойкость;  | 44) отсутствие дефектов обработки;                        |
|  | 45) гладкость покрытия;                                   |
|  | 46) эластичность покрытия;                                |
|  | 47) устойчивость к повреждениям;                          |
|  | 48) сохраняемость цвета (блеска);                         |
|  | 49) себестоимость изделия;                                |
|  | 50) эффективность производства;                           |
|  | 51) экономичность в эксплуатации.                         |

В данном конкретном случае было выбрано четыре эксперта, каждый из которых должен отнести указанные частные показатели к тем или иным комплексным показателям  $S_i$ , предпоследнего уровня дерева свойств, которое было предварительно начерчено.

Обозначим комплексные показатели:

$S_1$  – производственная технологичность;

$S_2$  – эксплуатационная технологичность;

$S_3$  – общая надежность;

$S_4$  – удобство в эксплуатации;

$S_5$  – механические свойства;

$S_6$  – гидрофизические свойства;

$S_7$  – теплофизические свойства;

$S_8$  – акустические свойства;

$S_9$  – рациональность формы;

$S_{10}$  – целостность композиции;

$S_{11}$  – архитектурный замысел;

$S_{12}$  – совершенство изготовления поверхности изделия;

$S_{13}$  – стабильность товарного вида;

$S_{14}$  – экономичность.

Представим результаты данного этапа в виде табл. 5.

Т а б л и ц а 5

Результаты соотношения частных показателей с комплексными показателями

Комплексные показатели	$\mathcal{E}_1$	$\mathcal{E}_2$	$\mathcal{E}_3$	$\mathcal{E}_4$
$S_1$	1,2	1,2,3	1,2	1,2
$S_2$	3,4,5	4,5	3,4,5	3,4,5,6
$S_3$	6,7,8	6,7,8	6,7,8	7,8
$S_5$	9,10,11,12, 13 14,15,16,17	9,10,11,12, 13 14,15,16,17	9,10,11,12,13, 14,15,16,17	9,10,11,12, 13 14,15,16,17
$S_6$	18,19,20	18,19,20	18,19,20	18,19,20
$S_7$	21,22,23	21,22,23	21,22,23	21,22,23
$S_9$	24, 25,26,27, 28, 29,30,31	24,25, 26, 27, 29, 30,31	24, 25,26,27, 28, 29,30	24, 25, 26,27, 28, 29,30,31
$S_{10}$	32, 33, 34, 35, 36	28, 32, 33, 34, 36, 35	31,32,33,35	32, 33, 34, 35 36
$S_{11}$	37, 38, 39	37, 38, 39	36, 37, 38, 39	37, 38, 39
$S_{12}$	40,41,42,43, 44, 45,46	40,41,43,44, 45, 46	40,41,42,43, 44,45,46	40,41,42,43, 44, 45,46
$S_{13}$	47,48	42,47, 48	34,47,48	47,48
$S_{14}$	49, 50, 51	49,50,51	49,50,51	49,50,51

Мерой принадлежности частных показателей к тому или иному комплексному показателю служит число  $A$ , зависящее от числа экспертов, которые включили данные показатели в соответствующие группы. Значение  $A$  носит название «уровня согласованности экспертов в отношении объекта  $a$ ». Объект  $a$  представляет собой частный показатель.

$$A = \frac{n(a)}{n}, \quad (3)$$

где  $n(a)$  – число экспертов, включивших показатель  $a$  в группу  $S$ ;

$n$  – общее число экспертов.

Для того чтобы включить показатель  $a$  в обобщенную группу  $S_0$  нужно выбрать критическое значение числа  $A - A_{\text{крит}}$ , достижение или превышение которого приведет к включению показателя  $a$  в группу  $S_{0i}$ .  $A_{\text{крит}}$  не должно принимать значений ниже 0,5, но находиться в пределах от 0,66 (менее ответственные задачи) до 1 (в наиболее ответственных задачах). Таким образом, рассчитывая значение уровня согласованности для каждого показателя в группах  $S_i$ , необходимо найти показатели, при которых  $A(a) > A_{\text{крит}}$ . Такие показатели составят согласованную группу  $S_{0i}$ . Результаты данного этапа представим в виде табл. 6.

Т а б л и ц а 6

Значение уровня согласованности для каждого показателя в группах  $S_i$ 

$S_1$	(1)-1;(2)-1;(3)-0,25
$S_2$	(3)-0,75;(4)-1;(5)-1;(6)-0,25
$S_3$	(6)-0,75;(7)-1;(8)-1
$S_5$	(9)-1;(10)-1;(11)-1;(12)-1;(13)-1;(14)-1;(15)-1;(16)-1;(17)-1
$S_6$	(18)-1;(19)-1;(20)-1
$S_7$	(21)-1;(22)-1;(23)-1
$S_9$	(24)-1;(25)-1;(26)-1;(27)-1;(28)-0,75;(29)-1;(30)-1;(31)-0,75
$S_{10}$	(28)-0,25;(31)-0,25;(32)-1;(33)-1;(34)-1;(35)-1;(36)-0,75
$S_{11}$	(36)-0,25;(37)-1;(38)-1;(39)-1
$S_{12}$	(40)-1;(41)-1;(42)-0,75;(43)-1;(44)-1;(45)-1;(46)-1
$S_{13}$	(34)-0,25;(42)-0,25;(47)-1;(48)-1;
$S_{14}$	(49)-1;(50)-1;(51)-1

Приняв  $A_{\text{крит}} = 0,66$ , находим обобщенные группы путем исключения частных показателей с уровнем согласованности  $A(a) < A_{\text{крит}}$ . Частные показатели, вошедшие в обобщенные группы, внесены в табл. 7.

Т а б л и ц а 7

Частные показатели, вошедшие в обобщенные группы  $S_{oi}$ 

$S_{o1}$	(1)-1;(2)-1
$S_{o2}$	(3)-0,75;(4)-1;(5)-1
$S_{o3}$	(6)-0,75;(7)-1;(8)-1
$S_{o5}$	(9)-1;(10)-1;(11)-1;(12)-1;(13)-1;(14)-1;(15)-1; (16)-1;(17)-1
$S_{o6}$	(18)-1;(19)-1;(20)-1
$S_{o7}$	(21)-1;(22)-1;(23)-1
$S_{o9}$	(24)-1;(25)-1;(26)-1;(27)-1;(28)-0,75; (29)-1;(30)-1;(31)-0,75
$S_{o10}$	(32)-1;(33)-1;(34)-1;(35)-1;(36)-0,75
$S_{o11}$	(37)-1;(38)-1;(39)-1
$S_{o12}$	(40)-1;(41)-1;(42)-0,75;(43)-1;(44)-1; (45)-1;(46)-1
$S_{o13}$	(47)-1;(48)-1;
$S_{o14}$	(49)-1;(50)-1;(51)-1

Теперь необходимо проверить, насколько индивидуальная группа каждого эксперта совпадает с полученной обобщенной группой  $S_{oi}$ . В этом случае мерой согласованности индивидуальной группы  $j$ -го эксперта с группой

$S_{oi}$  будет число  $\beta$ , показывающее долю тех показателей из этой индивидуальной группы, которые входят в обобщенную группу  $S_{oi}$ :

$$\beta = \frac{m_j(S_{oi})}{m_j}, \quad (4)$$

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

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

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

Результаты проверки приведены в табл. 8.

Т а б л и ц а 8

Мера согласованности индивидуальной группы экспертов с группой  $S_{oi}$

	$S_1$	$S_2$	$S_3$	$S_5$	$S_6$	$S_7$	$S_9$	$S_{10}$	$S_{11}$	$S_{12}$	$S_{13}$	$S_{14}$
$\Theta_1$	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
$\Theta_2$	0,67	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,83	1,00	1,00	0,67	1,00
$\Theta_3$	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,75	1,00	0,67	1,00
$\Theta_4$	1,00	0,75	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00

Принимая  $\beta_{\text{крит}} = 0,5$ , приходим к выводу, что «спорных» группировок не обнаружилось и, следовательно, ограничений для построения дерева свойств нет.

На следующем этапе мы должны определить групповые нормированные коэффициенты весомости и коэффициенты весомости свойств (см. табл. 9). Для того чтобы выявить наиболее важные свойства деревянных филенчатых дверей, экспертам предложено провести оценку в процентном отношении каждого свойства в отдельности. Для групповых коэффициентов весомости сумма процентных оценок должна составлять 100 % в пределах группы, а для коэффициентов весомости – в пределах уровня.

Для удобства значения групповых нормированных коэффициентов весомости и коэффициентов весомости свойств деревянной филенчатой двери запишем непосредственно на дереве свойств после номера и названия соответствующего свойства в виде дроби, в числителе которой указывается значение группового нормированного коэффициента весомости, а в знаменателе – уровеньный коэффициент весомости (см. рис. 15).

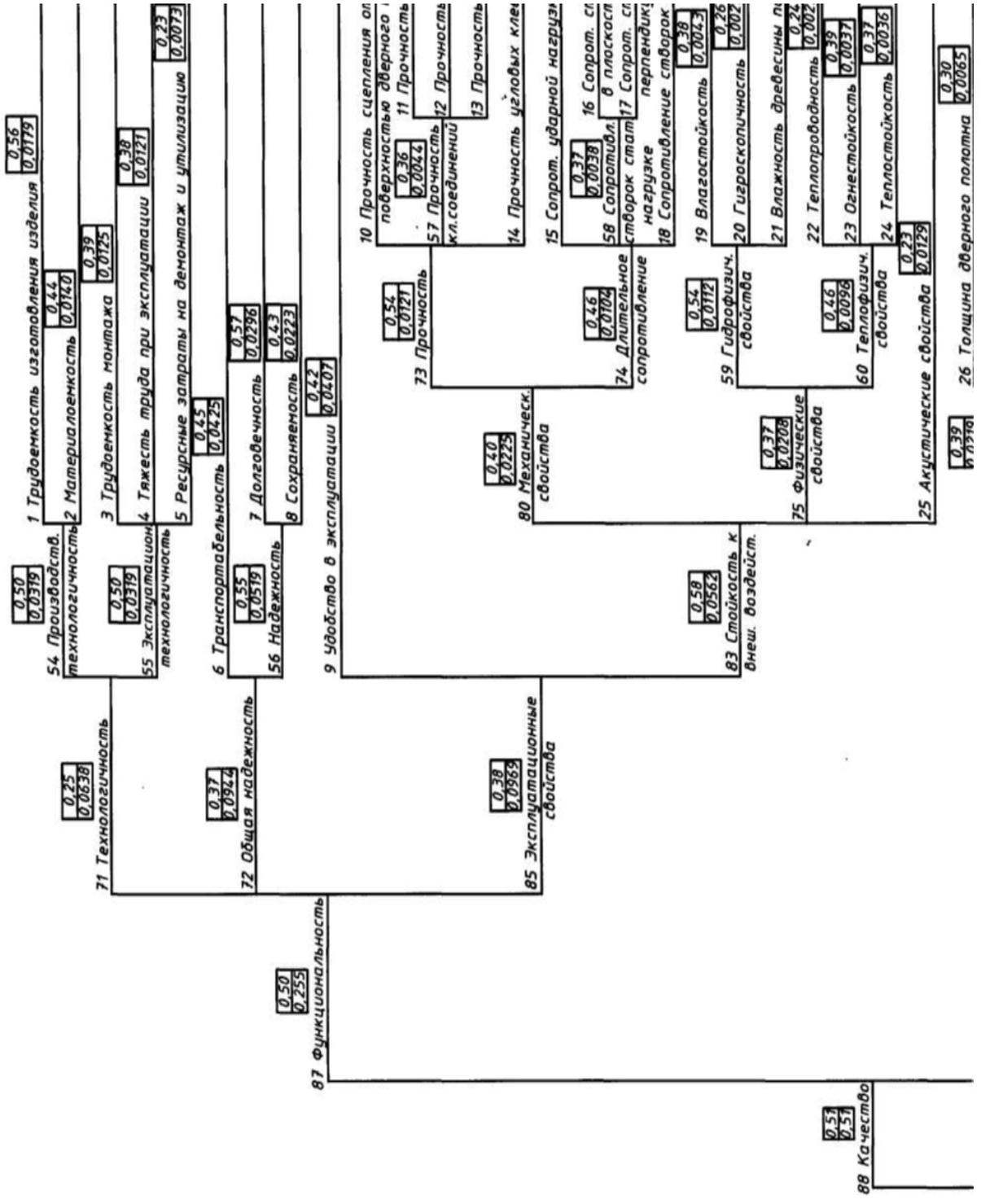
Таблица 9

## Определение групповых нормированных коэффициентов весомости

Номер свойства	Групповые ненормированные $M''$ и нормированные $M'$ коэффициенты весомости									
	Тур1									
	Ответы экспертов при определении $M''$							Вычисление		
	1	2	3	4	5	6	7	средней по экспер- там $M''$	суммы средне- групповых	группового норми- рованного $M'$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
11	70	70	70	50	90	90	70	72,86		0,32
12	100	100	100	100	100	100	100	100,00	230,00	0,43
13	50	70	50	80	50	50	50	57,14		0,25
16	100	100	90	90	100	70	100	92,86		0,52
17	50	70	100	100	90	100	100	87,14	180,00	0,48
10	100	100	90	80	70	100	70	77,14		0,30
57	70	90	100	100	100	90	100	92,86	257,14	0,36
14	70	90	80	100	100	70	100	87,14		0,34
15	100	100	80	90	100	100	80	92,86		0,38
58	70	70	100	100	80	100	100	88,57	242,86	0,37
18	50	50	50	70	70	70	70	61,43		0,25
19	90	100	90	90	100	100	100	95,71		0,38
20	50	70	50	50	70	70	90	64,29	250,00	0,26
21	100	90	100	100	90	100	50	90,00		0,36
22	50	60	50	50	70	70	70	60,00		0,24
23	100	100	100	90	90	100	100	97,14	250,00	0,39
24	90	90	90	100	100	90	90	92,86		,37
45	90	90	70	100	100	100	70	88,57	182,86	0,48
46	100	100	100	100	90	70	100	94,29		0,52
47	100	100	100	100	100	100	100	100,00		0,54
48	90	90	80	80	80	90	80	84,29	184,29	0,46
73	100	100	100	100	100	100	100	100,00		0,54
74	90	80	90	80	90	90	80	85,71	185,71	0,46
59	100	100	90	90	100	100	100	97,14		0,54
60	50	90	100	100	90	50	90	81,43	178,57	0,46
26	70	100	90	70	70	100	90	84,29		0,30
27	100	100	100	100	100	100	100	100,00	284,29	0,35
28	100	100	100	100	100	100	100	100,00		0,35
30	90	100	100	100	90	90	100	95,71		0,33
31	100	90	90	90	100	90	100	94,29	288,57	0,33
32	100	100	100	90	100	100	100	98,57		0,34
42	100	90	100	90	90	90	100	94,29	194,29	0,49
43	100	100	100	100	100	100	100	100,00		0,51
67	100	90	90	100	100	100	90	95,71	194,28	0,49
68	100	100	100	100	100	90	100	98,57		0,51
1	100	100	100	100	100	100	100	100,00		0,56
2	90	70	90	90	70	70	70	78,57	178,57	0,44
3	100	100	100	100	90	100	90	97,14		0,39
4	100	90	90	90	100	90	100	91,43	247,14	0,38
5	50	50	50	50	70	70	50	55,71		0,23

Продолжение табл. 9

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
7	100	100	100	100	100	100	100	100,00	175,71	0,57
8	90	70	70	70	90	70	70	75,71		0,43
80	100	100	100	100	100	100	100	100,00	247,14	0,40
75	100	90	90	100	90	80	90	91,43		0,37
25	50	50	50	50	50	70	70	55,71		0,23
61	100	100	100	100	100	100	100	100,00	255,72	0,39
29	50	70	70	70	70	50	50	61,43		0,24
62	90	100	90	100	100	90	90	94,29		0,37
34	100	100	100	100	100	100	100	100,00	192,86	0,52
35	90	0	100	90	90	100	90	92,86		0,48
37	100	100	100	100	100	90	100	98,57	181,43	0,54
38	90	70	70	70	90	100	90	82,86		0,46
39	50	70	70	70	50	50	70	61,43	245,71	0,25
40	90	90	70	100	90	100	70	87,14		0,35
41	100	100	100	90	100	90	100	97,14		0,40
66	70	70	100	100	70	90	70	81,43	228,57	0,36
44	50	50	30	30	30	50	30	47,14		0,20
78	100	100	100	100	100	100	100	100,00		0,44
49	100	100	100	100	80	100	100	97,14	188,57	0,52
50	80	80	100	80	100	100	100	91,43		0,48
54	100	100	90	90	100	100	100	97,14	192,85	0,50
55	100	100	100	100	90	90	90	95,71		0,50
6	70	70	90	100	100	70	70	81,43	181,43	0,45
56	100	100	100	100	100	100	100	100,00		0,55
9	90	90	70	70	70	90	90	73,71	173,71	0,42
83	100	100	100	100	100	100	100	100,00		0,58
76	100	100	100	100	100	100	100	100,00	173,71	0,58
33	90	70	90	70	70	90	90	73,71		0,42
63	100	100	100	100	100	90	100	98,57	288,57	0,34
36	100	90	100	90	90	100	100	95,71		0,33
64	100	90	90	90	90	100	100	94,29		0,33
65	50	70	50	70	50	50	70	58,57	237,14	0,25
82	100	100	100	100	100	100	100	100,00		0,42
69	70	90	70	90	70	70	90	78,57		0,33
71	70	70	50	70	70	50	70	64,29	260,00	0,25
72	100	100	90	90	100	90	100	95,71		0,37
85	100	100	100	100	100	100	100	100,00		0,38
81	100	100	100	100	100	100	100	100,00	265,71	0,38
77	70	70	70	50	90	70	70	70,00		0,26
84	100	100	90	90	90	100	100	95,71		0,36
51	100	100	90	90	100	100	100	97,14	195,71	0,50
52	100	100	100	100	100	90	100	98,57		0,50
87	100	100	90	90	100	100	100	97,14	194,28	0,50
86	100	100	100	100	90	100	90	97,14		0,50
70	100	100	100	100	100	100	100	100	194,29	0,51
53	100	90	100	90	90	100	90	94,29		0,49
88	100	100	100	100	100	100	100	100,00	194,29	0,51
79	100	90	90	90	100	90	100	94,29		0,49



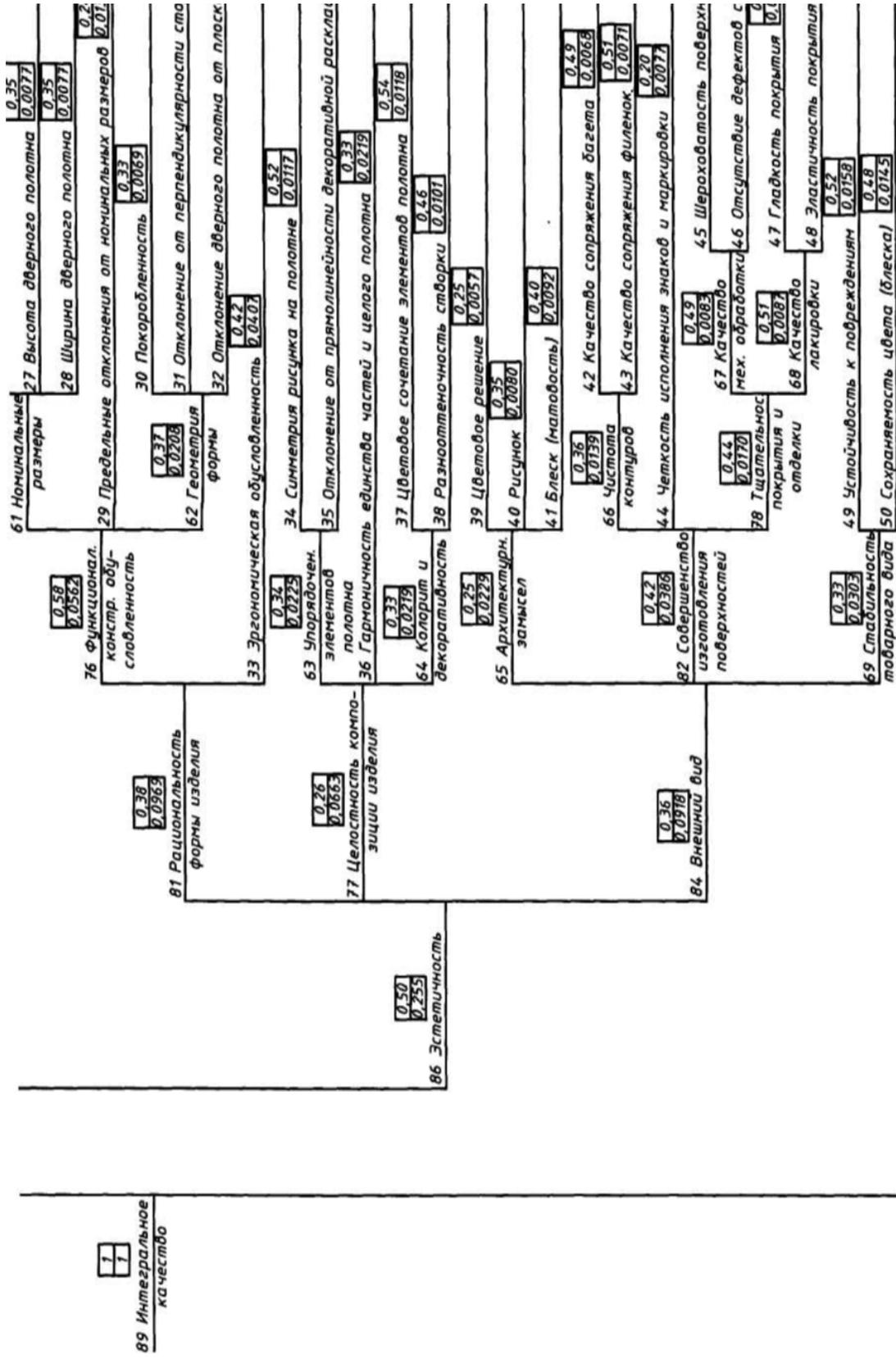


Рис. 15. Дерево свойств блока дверного деревянного филленчатого

Следующим этапом работы является разработка методики оценки качества блоков дверных деревянных филенчатых по показателям декоративных свойств.

Качество рассматриваемых нами блоков дверных деревянных филенчатых зависит от многих параметров и характеристик, совокупность которых необходимо учитывать при их изготовлении. Важно также определить, какими методами и на каких стадиях производства осуществлять контроль качества продукции.

Несомненно, что для обеспечения качества эксплуатационных свойств межкомнатных дверей, таких как прочность угловых клеевых соединений, сопротивление створок пробиванию или статической нагрузке и др. – целесообразно применять статистическое регулирование технологических процессов, систематически проводя контроль выбранных показателей качества на образцах продукции. Подобный подход, позволяющий предупредить возможный брак в изделиях на стадии производства, наиболее оптимален для обеспечения физико-механических свойств конструкции, однако абсолютно неприемлем в регулировании качества внешнего вида изделия, играющего главенствующую роль при выборе дверей потребителем. Поэтому, учитывая тот факт, что приемка изделий на предприятии ЗАО «Дера» производится в основном по показателям внешнего вида, необходимо разработать эффективную и научно обоснованную процедуру контроля качества декоративных свойств дверных деревянных блоков в заводских условиях. Применение данной методики позволит исключить поставку дверей ненадлежащего качества, а следовательно, резко сократит затраты на ремонт и доработку продукции.

Основной задачей при разработке методики приемочного контроля дверных деревянных блоков по показателям внешнего вида является установление критериев контроля. Согласно ТУ 5361-001-43071418 декоративные свойства межкомнатных дверей характеризуются классом, то есть качество внешнего вида изделия определяется количеством и размерами дефектов на площади поверхности дверного полотна. Каждый дефект, в свою очередь, отражает то или иное свойство изделия, что собственно и является объектом изучения и контроля.

Допустим, что качество внешнего вида деревянного дверного филенчатого блока, выпускаемого предприятием ЗАО «Дера», определяется следующими показателями: соответствие цвета дверного полотна ( $x_1$ ); соответствие блеска покрытия ( $x_2$ ); отсутствие дефектов сборки ( $x_3$ ); места сопряжения полос шпона ( $x_4$ ); симметрия рисунка на каркасе и филенках ( $x_5$ ); сочетание каркаса и филенок по цвету ( $x_6$ ); подбор шпона по цвету и текстуре ( $x_7$ ); наличие дефектов шпона ( $x_8$ ); наличие дефектов на декоративном багете ( $x_9$ ); качество сопряжения декоративного багета ( $x_{10}$ ); однородность багета и полотна по цветовой гамме ( $x_{11}$ ); отклонение от прямолинейности декоративной раскладки ( $x_{12}$ ); смещение накладных филенок относительно средней филенки ( $x_{13}$ ); качество лакирования ( $x_{14}$ ); шероховатость лицевых поверхностей ( $x_{15}$ ); отклонение от плоскостности дверного

полотна ( $x_{16}$ ); отклонение от перпендикулярности дверного полотна ( $x_{17}$ ).  
Оценив каждое из вышеуказанных свойств и обобщив результаты, можно получить исчерпывающую информацию о качестве внешнего вида изделия.

Установим также, что контролируемое изделие будет считаться дефектным, если числовое значение показателя качества  $Q_{\text{изд}}$  окажется ниже установленного значения  $Q_{\text{уст}}$  то есть:

$$Q_{\text{изд}} < Q_{\text{уст}},$$

где

$$Q_{\text{изд}} = \sum_{i=1}^{15} M_i \cdot K_{x_i^{\text{изд}}}, \quad Q_{\text{уст}} = \sum_{i=1}^{15} M_i \cdot K_{x_i^{\text{уст}}}; \quad (5)$$

здесь  $M_i$  – коэффициенты весомости  $i$ -го свойства;  
 $K_{x_i^{\text{изд}}}$  и  $K_{x_i^{\text{уст}}}$  – оценки реальных и установленных показателей свойств качества изделия относительно выбранного базового образца (эталона), определяемые в общем виде как

$$K_{x_i^{\text{пок}}} = \frac{x_i^{\text{изд}}}{x_i^{\text{баз}}}, \quad K_{x_i^{\text{уст}}} = \frac{x_i^{\text{уст}}}{x_i^{\text{баз}}}, \quad (6)$$

где  $x_i^{\text{изд}}$ ,  $x_i^{\text{уст}}$ ,  $x_i^{\text{баз}}$  – реальные, установленные и базовые показатели качества изделия, выраженные в количественном виде.

Коэффициенты весомости для каждого  $i$ -го свойства устанавливаются методом экспертной оценки, при этом в качестве экспертов используются как сотрудники предприятия ЗАО «Дера», так и потенциальные потребители. Результаты ранжирования свойств экспертами (наименее важное свойство – 1, наиболее важное – 17) представим в виде табл. 10.

Т а б л и ц а 1 0

Результаты ранжирования показателей качества дверных филенчатых блоков при экспертном оценивании

Свойства	Номер эксперта										Рангов	Отклонение от среднего значения	Квадрат отклонения от среднего значения
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
$X_1$	7	9	7	8	7	7	9	7	7	8	76	-14	196
$X_2$	8	10	9	9	9	9	10	9	9	7	89	-1	1
$X_3$	15	17	17	17	16	17	17	15	17	16	164	74	5476
$X_4$	6	6	3	3	3	3	6	3	3	3	39	-51	2601
$X_5$	4	8	8	7	8	8	8	8	8	9	76	-14	196
$X_6$	3	7	10	И	11	11	7	11	10	10	91	1	1
$X_7$	1	2	2	2	2	1	2	2	2	1	17	-73	5329
$X_8$	5	1	1	1	1	2	1	1	1	2	16	-74	5476
$X_9$	9	4	5	4	5	6	4	5	5	6	53	-37	1369

Окончание табл. 10

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
$X_{10}$	10	5	6	6	6	5	5	6	6	5	60	30	900
$X_{11}$	2	3	4	5	4	4	3	4	4	4	37	-53	2809
$X_{12}$	11	12	13	12	12	12	12	12	13	13	122	32	1024
$X_{13}$	12	И	12	13	13	13	13	13	12	12	124	34	1156
$X_{14}$	14	13	16	16	17	16	14	14	16	17	153	63	3969
$X_{15}$	13	14	И	10	10	10	И	10	11	11	111	21	441
$X_{16}$	16	15	14	14	15	14	15	16	14	15	148	58	3364
$X_{17}$	17	16	15	15	14	15	16	17	15	14	154	64	4096
											1530	-	38404

За меру согласованности экспертов принимается коэффициент конкордации  $W$ , который определяется по формуле (2).

В нашей ситуации  $W = 0,94$ , что позволяет отметить значительную согласованность во мнениях экспертов и приступить к дальнейшим расчетам.

Обобщенные экспертные оценки качества рассматриваемых свойств (то есть коэффициенты их весомости) приведены в табл. 11.

Т а б л и ц а 11

Коэффициенты весомости свойств дверного блока

Наименование свойства	Коэффициент весомости
1	2
1 Соответствие цвета ( $x_1$ )	0,050
2 Соответствие блеска ( $x_2$ )	0,058
3 Отсутствие дефектов сборки ( $x_3$ )	0,107
4 Места сопряжения полос шпона ( $x_4$ )	0,025
5 Симметрия рисунка на каркасе и филенках ( $x_5$ )	0,050
6 Сочетание каркаса и филенок по цвету ( $x_6$ )	0,059
7 Подбор шпона по цвету и текстуре ( $x_7$ )	0,011
8 Наличие дефектов шпона ( $x_8$ )	0,010
9 Наличие дефектов на декоративном багете ( $x_9$ )	0,035
10 Качество сопряжения декоративного багета ( $x_{10}$ )	0,039
11 Однородность багета и полотна по цветовой гамме ( $x_{11}$ )	0,024
12 Отклонение от прямолинейности декоративной раскладки ( $x_{12}$ )	0,080
13 Смещение накладных филенок относительно средней филенки ( $x_{13}$ )	0,081
14 Качество лакирования ( $x_{14}$ )	0,100
15 Шероховатость лицевых поверхностей ( $x_{15}$ )	0,073
16 Отклонение от плоскостности дверного полотна ( $x_{16}$ )	0,097
17 Отклонение от перпендикулярности дверного полотна ( $x_{17}$ )	0,101

Для определения оценок реальных и установленных показателей свойств качества внешнего вида деревянных дверей относительно выбранного базового образца  $K_{x_i^{изд}}$  и  $K_{x_i^{уст}}$  устанавливаются следующие количественные значения показателей качества для всех рассматриваемых свойств:

- $x_i^{баз} = 1$  – для всех свойств;
- $x_i^{изд}$ ,  $x_i^{уст}$  – в соответствии с данными, приведенными в табл. 12.

Таблица 12

Количественные оценки качества свойств  
дверного деревянного филенчатого блока

Свойство	Состояние изделия	Количественная оценка наблюдаемого состояния $x_1$	Установленная количественная оценка $x_i^{\text{уст}}$ при приемке
1	2	3	4
Соответствие цвета ( $x_1$ )	полное соответствие цвета изделия КД	1,0	1,0
	слабозаметное несоответствие цветового решения	0,9	
	изменение цвета хорошо заметно	0,6	
	изменение цвета сильно заметно	0,3	
	явное несоответствие цветового решения	0	
Соответствие блеска ( $x_2$ )	соответствует комплекту КД	1,0	1,0
	не соответствует комплекту КД	0	
Отсутствие дефектов сборки ( $x_3$ )	дефекты сборки полностью отсутствуют на поверхности полотна	1,0	1,0
	обнаружено не более 2-х дефектов	0,7	
	обнаружено не более 4-х дефектов	0,5	
	обнаружено не более 8-х дефектов	0,3	
	количество дефектов критическое	0	
Места сопряжения полос шпона ( $x_4$ )	полное отсутствие щелей или нахлестов	1,0	0,7
	редкие щели (нахлесты) шириной не более 2 мм	0,7	
	редкие щели (нахлесты) шириной не более 5 мм	0,5	
	систематические щели или нахлесты шириной не более 2 мм	0,3	
	систематические щели или нахлесты шириной не более 5 мм	0	
Симметрия рисунка на каркасе и филенках ( $x_5$ )	симметрия рисунка соблюдена	1,0	1,0
	незначительное отклонение от симметрии рисунка	0,5	
	отклонение от симметрии рисунка значительно	0	
Сочетание каркаса и филенок по цвету ( $x_6$ )	полная однородность цветовой гаммы	1,0	1,0
	едва различимая неоднородность цвета	0,8	
	хорошо различимая неоднородность цвета	0,5	
	сильно различимая неоднородность цвета	0,3	
	полная неоднородность цветовой гаммы	0	
Подбор шпона по цвету и текстуре ( $x_7$ )	полное соответствие цвета и текстуры	1,0	0,9
	незначительное отклонение от цвета или текстуры	0,9	
	незначительное отклонение от цвета и текстуры	0,5	

Продолжение табл. 12

1	2	3	4
	значительное отклонение от цвета (текстуры)	0,3	
	полное несоответствие цвета и текстуры	0	
Наличие дефектов шпона ( $x_8$ )	дефекты шпона отсутствуют	1,0	0,8
	редкие незначительные дефекты (не более 1 сучка диаметром 10 мм на 1 м <sup>2</sup> поверхности)	0,8	
	обнаружено более 2-х сучков на 1 м <sup>2</sup> поверхности	0,3	
	обнаружено более 4-х дефектов на 1 м <sup>2</sup> поверхности	0,1	
	количество дефектов шпона критическое	0	
Наличие дефектов на декоративном багете ( $x_9$ )	дефекты на багете отсутствуют полностью	1,0	1,0
	обнаружено не более 2 дефектов	0,7	
	обнаружено не более 4 дефектов	0,3	
	обнаружено не более 6 дефектов	0,1	
	количество дефектов критическое	0	
Качество сопряжения декоративного багета ( $x_{10}$ )	сопряжение багета плотное, без зазоров	1,0	0,7
	редкие зазоры шириной не более 0,3 мм	0,7	
	зазоры шириной не более 0,3 мм встречаются систематически	0,5	
	сопряжение багета неплотное	0	
Однородность багета и полотна по цвету ( $x_{11}$ )	полная однородность цветовой гаммы	1,0	1,0
	едва различимая неоднородность цвета	0,8	
	хорошо различимая неоднородность цвета	0,5	
	сильно различимая неоднородность цвета	0,1	
	полная неоднородность цветовой гаммы	0	
Отклонение от прямолинейности декоративной раскладки ( $x_{12}$ )	отсутствие отклонения от прямолинейности	1,0	1,0
	отклонение от прямолинейности не более 1 мм	0,5	
	отклонение от прямолинейности не более 2 мм	0,1	
	отклонение более 3 мм	0	
Смещение накладных филенок относительно средней филенки ( $x_{13}$ )	смещение отсутствует полностью	1,0	1,0
	смещение не более 1 мм	0,8	
	смещение не более 2 мм	0,5	
	смещение не более 5 мм	0,3	
	смещение накладных филенок относительно средней филенки критическое (более 5 мм)	0	
Качество лакирования ( $x_{14}$ )	дефекты лакировки отсутствуют	1,0	1,0
	обнаружено не более 2-х дефектов	0,9	
	обнаружено не более 4-х дефектов	0,5	

Окончание табл. 12

1	2	3	4
	обнаружено не более 8-х дефектов	0,1	
	количество дефектов критическое	0	
Шероховатость лицевых поверхностей ( $x_{15}$ )	$R_z \leq 32$ мкм	1,0	1,0
	$32 < R_z \leq 60$ мкм	0,5	
	$R_z > 60$ мкм	0	
Отклонение от плоскостности дверного полотна ( $x_{16}$ )	отклонение отсутствует	1,0	0,9
	отклонение не более 1мм	0,9	
	отклонение менее 2-х мм	0,7	
	отклонение до 2-х мм	0,5	
	отклонение более 2-х мм	0	
Отклонение от перпендикулярности дверного полотна ( $x_{17}$ )	отклонение отсутствует	1,0	0,8
	отклонение $\leq 1$ мм на 1 м длины дверного полотна	0,9	
	отклонение менее 2-х мм на 1 м длины	0,8	
	отклонение до 2-х мм на 1 м длины	0,5	
	отклонение более 2-х мм на 1 м длины	0	

Значение установленного показателя качества  $Q_{уст}$ , рассчитанное выше, будет 0,9478.

Вычисляя в соответствии с критериями, указанными в табл. 12, количественное значение показателя  $Q_{изд}$  и сравнивая его с установленным, можно сделать вывод о качестве внешнего вида дверного деревянного блока, изготовленного ЗАО «Дера».

В заключение можно отметить, что разработанная методика оценки качества межкомнатных деревянных филенчатых дверей может быть использована при проведении приемочного контроля изделий по показателям их декоративных свойств. При этом контролеру ОТК достаточно лишь произвести осмотр выборочных единиц продукции, отметить в специальном листке (контрольном бланке) значение количественной оценки свойства изделия и определить, соответствует ли контролируемое дверное полотно предъявляемым требованиям по принципу «годное или бракованное» ( $Q_{изд} \geq Q_{уст}$  – изделие годное,  $Q_{изд} < Q_{уст}$  – бракованное).

### Задание для самостоятельной работы студентов

1. Перечислить основные этапы построения дерева свойств.
2. Какие правила необходимо соблюдать при построении дерева свойств?
3. Составить дерево свойств для бетонной смеси (предмет оценивания) используя следующие данные.

Выбрав 4 эксперта, предложили им список из 11 простых свойств для данного строительного изделия (частные показатели):

- 1) прочность при сжатии бетона;
- 2) трещиностойкость;
- 3) прочность арматуры;
- 4) водонепроницаемость;
- 5) морозостойкость;
- 6) средняя плотность;
- 7) отклонение по длине изделия;
- 8) отклонение по ширине изделия;
- 9) отклонение по толщине изделия;
- 10) отклонение от прямолинейности;
- 11) отклонение от плоскостности;

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

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

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

Результаты этого этапа представлены в табл..

Т а б л и ц а 13

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

4. Определить меру согласованности мнений экспертов, используя следующие данные:

а)

Номер объекта	Номер экспертов			
	1	2	3	4
1	5	4	5	4
2	3	3	4	2
3	1	2	1	3
4	2	1	2	1
5	4	5	3	5

б)

Номер объекта	Номер экспертов			
	1	2	3	4
1	5	5	6	6
2	3	3	3	2
3	1	2	1	3
4	2	1	2	1
5	7	6	5	5
6	4	4	4	4
7	6	7	7	7

## Самостоятельная работа №2

### Технология экспертной оценки при определении весомости свойств объекта

**Цель работы** – научиться определять весомость показателей качества строительных объектов.

#### Общие сведения

Одним из основных параметров, необходимых для оценки качества строительных изделий, является коэффициент весомости свойств, который определяет важность данного свойства среди других. Оценка данного показателя может проводиться следующими методами: стоимостным, вероятностным, экспертным и смешанным.

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

Эксперты могут выражать свое мнение тремя способами:

- 1) непосредственным измерением;
- 2) ранжированием;
- 3) сопоставлением.

При непосредственных измерениях оценка приводится в заданных единицах: в баллах, нормо-часах, рублях и т.д. Непосредственное измерение весовых коэффициентов в интервале от 0 до 1, когда их сумма  $\sum_{i=1}^n M_i = 1$ , проводится по шкале интервалов.

Значение коэффициентов весомости определяется по формуле (7):

$$M_j = \frac{\sum_{i=1}^n G_{ij}}{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m G_{ij}}, \quad (7)$$

где  $n$  – количество экспертов;

$m$  – число коэффициентов весомости;

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

#### Пример

По экспертным оценкам, приведенным в табл. 14, рассчитываем коэффициенты весомости.

## Результаты экспертного анализа

Номер объекта	Номера экспертов					Сумма рангов	Отклонение от среднего арифме- тического
	1	2	3	4	5		
1	4	4	4	6	4	22	2
2	3	3	2	3	3	14	-6
3	2	3	3	2	2	12	-8
4	6	6	5	5	6	28	8
5	1	1	1	1	1	5	-15
6	5	5	6	4	5	25	5
7	7	7	7	7	7	35	15

**Решение**

$$M_1=22/141=0,155; M_2=14/141=0,1;$$

$$M_3= 12/141=0,086; M_4=28/141=0,198;$$

$$M_5=5/141=0,035; M_6=25/141=0,178; M_7=35/141=0,248.$$

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

Ранжирование состоит в расстановке объектов в порядке предпочтения по важности или весомости. Места в такой расстановке называются рангом.

**Пример**

По табл.13 возьмем пример ранжирования.

По шкале рангов лучшим оказывается объект 7(15), затем объекты 4(8), 6(5), 1(2), 2(-6), 3(-8), 5(-15).

Сопоставление объектов бывает последовательным и попарным.

В случае последовательного сопоставления результат оценки качества эксперты представляют в виде ранжированного ряда. В этом случае численное определение оценок экспертов состоит в следующем:

1. Все объекты оценки (изделия, свойства) нумеруются произвольно.
2. Эксперты ранжируют объекты по шкале порядка.
3. Ранжированные ряды объектов, составленные экспертами, сопоставляются.

Место объекта в ранжированном ряду называется его рангом. Численное значение ранга в ряду возрастающей шкалы порядка увеличивается от 1 до  $m$  ( $m$  – количество оцениваемых объектов).

4. Определяются суммы рангов каждого из объектов экспертной оценки.
5. На основании полученных сумм рангов строят обобщенный ранжированный ряд.

6. Вычисляются обобщенные экспертные оценки качества рассматриваемых объектов экспертизы, т.е. коэффициенты их весомости.

Последовательное сопоставление позволяет откорректировать ранжированный ряд, уточнить положение каждого объекта.

### Пример

Пусть пять экспертов о семи объектах экспертизы  $Q$  составили такие ранжированные ряды по возрастающей шкале порядка:

$$\text{эксперт № 1} - Q_5 < Q_3 < Q_2 < Q_1 < Q_6 < Q_4 < Q_7;$$

$$\text{эксперт № 2} - Q_5 < Q_3 < Q_2 < Q_6 < Q_4 < Q_1 < Q_7;$$

$$\text{эксперт № 3} - Q_3 < Q_2 < Q_5 < Q_1 < Q_6 < Q_4 < Q_7;$$

$$\text{эксперт № 4} - Q_5 < Q_3 < Q_2 < Q_1 < Q_4 < Q_6 < Q_7;$$

$$\text{эксперт № 5} - Q_5 < Q_3 < Q_1 < Q_2 < Q_6 < Q_4 < Q_7.$$

### Решение

В данном примере  $m=7$ .

Суммы рангов каждого из объектов в рассматриваемом примере таковы:

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

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

$$Q_3 - 2 + 2 + 1 + 2 + 2 = 9;$$

$$Q_4 - 6 + 5 + 6 + 5 + 6 = 28;$$

$$Q_5 - 1 + 1 + 3 + 1 + 1 = 7;$$

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

$$Q_7 - 7 + 7 + 7 + 7 + 7 = 35.$$

Обобщенный ранжированный ряд для нашего примера имеет вид:

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

Коэффициенты весомости определяются по формуле (1.22):

$$M_i = \frac{\sum_{i=1}^n Q_{i,j}}{\sum_{i=1, j=1}^{n,m} Q_{i,j}}, \quad (7)$$

где  $n$  – количество экспертов;

$m$  – число оцениваемых показателей;

$Q_{i,j}$  – коэффициент весомости  $j$ -го показателя в рангах (баллах), который дал  $i$ -й эксперт

Расчеты по формуле (7) для рассматриваемого примера дают следующие результаты:

$$M_1=21/140=0,15; M_2=15/140=0,11;$$

$$M_3=9/140=0,06; M_4=28/140=0,2;$$

$$M_5=7/140=0,005; M_6=25/140=0,18; M_7=35/140=0,25.$$

$$\sum_{i=1}^7 M_i = 1.$$

Анализируя полученные экспертным методом оценки качества, можно не только указать, какой объект лучше или хуже других, но и на сколько.

Попарное сопоставление – самое простое и наиболее оправданное с технологической точки зрения. Предпочтение при этом выражается указанием номера предпочтительного объекта, как показано в табл.15.

### Пример

Т а б л и ц а 1 5

Номер эксперта	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

### Решение

Здесь  $N$  экспертов выразили единое мнение о каждом из 6 объектов.

Балл или весомость  $j$ -показателя рассчитывается по формуле

$$M_{ij}=F_{ij}/C, \quad (8)$$

где  $F_{ij}$  – частота предпочтения  $i$  экспертом  $j$  объекта;

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

$$C=m(m-1)/2. \quad (9)$$

Из табл. 1.3 находим частоты предпочтений

$$F_{i1}=4/5=0,8; F_{i2}=3/5=0,6; F_{i3}=5/5=1; F_{i4}=0/5=0; F_{i5}=1/5=0,2; F_{i6}=2/5=0,4.$$

Общее число суждений каждого эксперта:

$$C=6(6-1)/2=15.$$

Весомость каждого объекта по общему мнению всех экспертов:

$$M_1=5 \times 0,8/15=0,27; M_2=5 \times 0,6/15=0,2; M_3=5 \times 1/15=0,33;$$

$$M_4=0; M_5=5 \times 0,2/15=0,07; M_6=5 \times 0,4/15=0,13.$$

Сумма весовых коэффициентов:

$$\sum_{i1}^5 = 0,27 + 0,2 + 0,33 + 0 + 0,07 + 0,13 = 1,0.$$

Ранжированный ряд объектов по их важности: 3, 1, 2, 6, 5, 4.

Существует еще одна разновидность попарного сопоставления. Каждый  $i$ -й объект также сопоставляется с другими  $j$ -ми объектами. При этом если  $i$ -й объект признается качественнее, то это обозначается цифрой 1, противоположная оценка обозначается -1, а равнокачественные объекты отмечаются в таблице цифрой 0 (ноль).

В таком случае сопоставительная таблица оценок одного эксперта, например шести объектов исследования, будет иметь следующий вид (табл. 16).

Т а б л и ц а 1 6

Сопоставительная таблица оценок эксперта

Объект $i$ \ Объект $j$	1	2	3	4	5	6	Итого
1	0	1	0	1	1	1	4
2	-1	0	-1	0	-1	1	-2
3	1	1	0	-1	1	1	3
4	-1	-1	-1	0	-1	-1	-5
5	1	1	1	1	0	1	5
6	1	-1	1	-1	1	0	1

Из этой таблицы видно, что предпочтительные оценки данного эксперта получили объекты в такой последовательности: №5, №3 и №1. Предпочтительным в данном случае является объект №5.

Данные о предпочтениях всех экспертов группы суммируются и рассчитываются обобщенные предпочтения одних объектов над другими, т.е. рассчитывается экспертный показатель качества объекта в виде его частоты предпочтений. Далее расчет ведется аналогично предыдущему способу.

Для повышения надежности попарного сопоставления проводят так называемое двойное сопоставление, когда каждая пара сопоставляется дважды. Например, начинают сопоставление второго с 3, 4, 5, 6, 7, 1; третьего с 4, 5, 6, 7, 1, 2 и т.д. При таком сопоставлении удастся избежать ошибки и выявить экспертов с низким уровнем компетенции. При двойном попарном сопоставлении  $C=m(m-1)$ .

### Задание для самостоятельной работы студентов

1. Пусть четверо экспертов о пяти объектах экспертизы составили ранжированные ряды по возрастающей шкале порядка:

Эксперт №1 -  $Q_3 < Q_2 < Q_5 < Q_4 < Q_1$

Эксперт №2 -  $Q_2 < Q_3 < Q_4 < Q_5 < Q_1$

Эксперт №3 -  $Q_3 < Q_4 < Q_2 < Q_5 < Q_1$

Эксперт №4 -  $Q_2 < Q_3 < Q_5 < Q_1 < Q_4$

Построить обобщенный ранжированный ряд, рассчитать коэффициенты весомости.

2. Мнения трех экспертов о пяти объектах экспертизы выражены следующим образом.

Мнение 1-го эксперта

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

Мнение 2-го эксперта

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

Мнение 3-го эксперта

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

Определить весомость каждого объекта экспертизы.

3. Определить значения коэффициентов весомости свойств, используя следующие экспертные оценки:

Номер свойства	Номер экспертов			
	1	2	3	4
1	5	4	5	4
2	3	3	4	2
3	1	2	1	3
4	2	1	2	1
5	4	5	3	5

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Азгальдов, Г.Г. Общие сведения о методологии квалиметрии [Текст] / Г.Г. Азгальдов // Стандарты и качество. – 1994. – №4. – С.24-29.
2. Азгальдов, Г.Г. Теория и практика оценки качества товаров [Текст] / Г.Г. Азгальдов. – М.: Экономика, 1989. – 256 с.
3. Гличев, А.В. Основы управления качеством продукции [Текст] / А.В. Гличев. – М.: Изд-во АМИ, 1998. – 354 с.
4. Горчаков, Г.И. Основы стандартизации и управления качеством продукции промышленности строительных материалов [Текст]: учеб. пособие для вузов / Г.И. Горчаков, Э.Г. Мурадов. – М.: Высшая школа, 1987. – 335 с.
5. Федюкин, В.К. Методы оценки и управления качеством продукции [Текст]: учеб. / В.К. Федюкин, В.Д. Дурнев, В.Г. Лебедев. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Информационно-издательский дом «Филинь», Рилант, 2001. – 328 с.

Учебное издание

Логанина Валентина Ивановна  
Макарова Людмила Викторовна  
Карпова Ольга Викторовна  
Чапаев Евгений Иванович

## ЭКСПЕРТНЫЕ МЕТОДЫ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА СТРОИТЕЛЬНЫХ ОБЪЕКТОВ

Методические указания  
по выполнению самостоятельных работ

Под общ. ред. д-ра техн. наук, проф. Ю.П. Скачкова

Редактор            М.А. Сухова  
Верстка            Н.А. Сазонова

---

Подписано в печать 6.12.13. Формат 60×84/16.  
Бумага офисная «Снегурочка». Печать на ризографе.  
Усл.печ.л. 2,79. Уч.-изд.л. 3,0. Тираж 80 экз.  
Заказ №270.

---

Издательство ПГУАС.  
440028, г. Пенза, ул. Германа Титова, 28.