

Министерство образования и науки Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего профессионального образования  
«Тамбовский государственный технический университет»

**М.Н. ПОДОЛЬСКАЯ**

# **КВАЛИМЕТРИЯ И УПРАВЛЕНИЕ КАЧЕСТВОМ**

**Часть 1**

## **ЭКСПЕРТНЫЕ МЕТОДЫ**

Утверждено Учёным советом университета  
в качестве учебного пособия для студентов 3 курса, обучающихся  
по направлениям 221400.62 «Управление качеством»  
и 221700.62 «Стандартизация и метрология»



---

Тамбов  
Издательство ФГБОУ ВПО «ТГТУ»  
2011

УДК 658.562.62 (076.5)  
ББК У290.823.2я73-5  
П444

Рецензенты:

Доктор технических наук, доктор экономических наук, профессор  
*Б.И. Герасимов*

Доктор технических наук, директор ГНУ «ВНИИТиН»  
*А.Н. Зазуля*

**Подольская, М.Н.**

П444 Квалиметрия и управление качеством : лабораторный практикум. Ч. 1. Экспертные методы / М.Н. Подольская. – Тамбов : Изд-во ФГБОУ ВПО «ТГТУ», 2011. – 80 с. – 80 экз.  
ISBN 978-5-8265-1017-9

Представлены практические (1 – 9) и лабораторные (1 – 5) работы. Рассматриваются основные экспертные методы квалиметрии и инструменты управления качеством, приводятся рекомендации по использованию их на практике, варианты заданий и вопросы для контроля полученных знаний.

Предназначен для студентов 3 курса, обучающихся по направлениям 221400.62 «Управление качеством» и 221700.62 «Стандартизация и метрология», изучающих дисциплину в шестом семестре.

УДК 658.562.62(076.5)  
ББК У290.823.2я73-5

**ISBN 978-5-8265-1017-9**

© Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Тамбовский государственный технический университет» (ФГБОУ ВПО «ТГТУ»), 2011

## ВВЕДЕНИЕ

---

Дисциплина «Квалиметрия и управление качеством» относится к циклу специальных дисциплин и предназначена для подготовки студентов по направлениям 221400.62 «Управление качеством» и 221700.62 «Стандартизация и метрология».

Целью изучения дисциплины является получение теоретических знаний об основных принципах управления качеством, методах измерения и оценки качества промышленной продукции, а также получение практических навыков использования полученных знаний в профессиональной деятельности.

Данное пособие разработано в соответствии с учебной программой и призвано помочь студентам усвоить теоретический материал и овладеть практическими навыками управления качеством на предприятиях и в организациях.

Пособие состоит из двух частей. Первая часть посвящена экспертным методам квалиметрии и содержит девять практических (1 – 9) и пять (1 – 5) лабораторных работ.

В каждой работе приведён краткий теоретический материал, необходимый для проведения занятия, описание порядка выполнения работы, варианты заданий и контрольные вопросы.

В ходе выполнения каждой работы студент должен:

- изучить теоретическую часть работы, лекционный материал и рекомендованную литературу;
- получить у преподавателя свой номер варианта (для практических работ);
- провести соответствующие практические действия (измерения, расчёты, дискуссии, обсуждения), требуемые в работе;
- оформить отчёт, содержащий название и цель работы, графики и таблицы, полученные по результатам выполнения работы, выводы и ответы на контрольные вопросы.

Данное пособие может быть использовано студентами для получения практических навыков использования методов квалиметрии и управления качеством не только на занятиях под руководством преподавателя, но и самостоятельно.

# ПРАКТИЧЕСКИЕ РАБОТЫ

## Практическая работа 1

### ФОРМИРОВАНИЕ ЭКСПЕРТНОЙ ГРУППЫ. РАСЧЁТ ЧИСЛА ЭКСПЕРТОВ ИЗ УСЛОВИЯ ПОЛНОТЫ ВЫЯВЛЕНИЯ ПРЕДСТАВЛЯЕМЫХ ИМИ ДАННЫХ

**Цель работы:** приобрести навыки расчёта числа экспертов.

#### Краткие теоретические сведения

В ходе решения различных квалиметрических задач на практике широко используются экспертные методы оценки, которые в совокупности с измерительными методами позволяют получить наиболее полный объём информации об объекте исследования.

В связи с этим на начальном этапе любой экспертизы основной задачей квалиметролога является грамотное формирование экспертной группы, в ходе которого определяется оптимальное количество экспертов, необходимое для проведения экспертизы, а также проводится количественная оценка качества экспертной группы различными методами.

Расчёт числа экспертов, необходимого для выявления наиболее полного количества данных, сводится к нахождению такого их числа  $m$ , при котором вероятность появления содержательно нового предложения с привлечением  $(m + 1)$ -го эксперта становится меньше заранее принятого значения  $\alpha$ .

Для решения поставленной задачи используют следующий алгоритм [1]:

1. Проводят опрос экспертов с целью получения совокупности сведений, касающихся объекта экспертизы.

2. Все предложения экспертов разделяют на четыре группы: 1) очевидные – выдвинутые всеми экспертами; 2) известные – выдвинутые большинством экспертов, но не всеми; 3) неочевидные – выдвинутые меньшинством; 4) особые – выдвинутые одним экспертом. Интерес представляют только неочевидные и особые предложения, базирующиеся на личном опыте экспертов, их способностях, интуиции. При этом вероятность появления особых предложений, выдвинутых меньшинством в группе из  $m$  экспертов, определяется выражением

$$P_m = \frac{n_m^{(1)}}{n_m^{(1)} + n_m^{(2)} + \dots + n_m^{(v)}}, \quad (1.1)$$

где  $n_m^{(1)}$  – количество особых предложений;  $n_m^{(2)} + \dots + n_m^{(v)}$  – количество неочевидных предложений, выдвинутых меньшинством  $v$ .

3. Из группы в  $m$  экспертов образуют всевозможные подгруппы по  $(m - 1)$  экспертов и для каждой из них подсчитывают число особых  $n_{m-1}^{(1)}$  и неочевидных  $n_{m-1}^{(2)} + \dots + n_{m-1}^{(v)}$  предложений.

4. Рассчитывают вероятность  $P_{m-1}$  появления особых предложений по всем подгруппам и коэффициент  $\lambda$  уменьшения вероятности появления особых предложений с переходом от  $(m - 1)$  экспертов к  $m$  экспертам:

$$P_{m-1} = \frac{\sum_{j=1}^{m-1} n_{m-1}^{(j)}}{\sum_{j=1}^{m-1} (n_{m-1}^{(1)} + n_{m-1}^{(2)} + \dots + n_{m-1}^{(v)})}; \quad (1.2)$$

$$\lambda = \frac{P_m}{P_{m-1}}. \quad (1.3)$$

5. При условии, что значение  $\lambda$  сохраняется с увеличением числа экспертов (хотя, как правило, оно при этом уменьшается), оценки вероятности появления особых предложений с привлечением  $(m + 1)$ -го,  $(m + 2)$ -го...  $(m + k)$ -го экспертов будут соответственно равны:

$$P_{m+1} = P_m \lambda; \quad (1.4)$$

$$P_{m+2} = P_m \lambda^2; \quad (1.5)$$

...

$$P_{m+k} = P_m \lambda^k. \quad (1.6)$$

Используя выражение (1.3) и заданное значение вероятности  $\alpha$ , находят число  $k$  вновь привлекаемых экспертов, при котором  $P_{m+k} = P_m \lambda^k \leq \alpha$ . Окончательная формула для расчёта  $k$  примет вид

$$k = \frac{\ln \alpha - \ln P_m}{\ln \lambda}. \quad (1.7)$$

Следует отметить, что все допущения рассмотренного способа решения ориентированы на расчёт «запасом». То есть, считая всех экспертов одинаково продуктивными, мы заведомо шли на завышение требуемого количества экспертов. В действительности (при правильно проведённом отборе экспертов) вначале в экспертную группу попадают наиболее сведущие специалисты, которые представляют максимальную информацию.

Привлекаемые далее эксперты менее продуктивны уже потому, что область этих профессиональных интересов удаляется от цели проведения экспертизы. Это приводит к уменьшению  $\lambda$ .

Так как рассмотренный вариант решения даёт завышенный объём экспертной группы, превышать рассчитанное количество экспертов не целесообразно. Главное – подробно опросить каждого эксперта, выявить наиболее полно его суждения и рационально организовать обмен мнениями.

*Пример.* При индивидуальном анкетном опросе группа из пяти экспертов в результате генерации подала 26 предложений, относящихся к объекту экспертизы, некоторые из которых по содержанию совпадают друг с другом. При этом  $n_5^{(5)} = 10$  предложений выдвинуты всеми экспертами (очевидные);  $n_5^{(4)} + n_5^{(3)} = 4 + 3 = 7$  предложений выдвинуты большинством экспертов, но не всеми, в данном случае тремя и четырьмя (известные);  $n_5^{(2)} = 6$  предложений выдвинуты меньшинством, в данном случае, двумя экспертами (неочевидные) и  $n_5^{(1)} = 3$  предложения выдвинуты (каждое) лишь одним экспертом (особые).

Спрашивается, сколько ещё экспертов  $k$  следует опросить, чтобы вероятность  $P_{m+k}$  появления содержательно нового предложения стала меньше  $\alpha = 0,05$ ?

В ходе решения поставленной задачи по формуле (1.1) находим оценку вероятности появления особых предложений среди всех предложений, выдвинутых меньшинством, в группе из  $m = 5$  экспертов:

$$P_5 = \frac{n_m^{(1)}}{n_m^{(1)} + n_m^{(2)}} = \frac{3}{3+6} = 0,33.$$

Образуем теперь из группы экспертов всевозможные подгруппы по четыре эксперта (этих подгрупп будет пять) и для каждой из них подсчитаем число особых  $n_4^{(1)}$  и неочевидных  $n_4^{(2)}$  предложений. Нетрудно убедиться, что эти числа будут 4, 4, 4, 3, 2 и 6, 4, 2, 6, 6. Следовательно, оценка вероятности появления особых предложений в группе из четырёх экспертов будет

$$P_4 = \frac{\sum_{i=1}^5 n_4^{(1)}}{\sum_{i=1}^5 (n_4^{(1)} + n_4^{(2)})} = \frac{17}{17+24} = 0,41.$$

По найденным значениям  $P_5$  и  $P_4$  найдём коэффициент  $\lambda$  уменьшения вероятности появления особых предложений с переходом от пяти к четырём экспертам:

$$\lambda = \frac{P_m}{P_{m-1}} = \frac{P_5}{P_4} = \frac{0,33}{0,41} = 0,81.$$

На основании найденных  $P_5$  и  $\lambda$ , а также заданного значения  $\alpha$  рассчитываем количество  $k$  вновь привлекаемых экспертов по формуле (1.7):

$$k = \frac{\ln \alpha - \ln P_5}{\ln \lambda} = \frac{-2,996 - (-1,109)}{-0,211} = 8,94.$$

Итак, для достижения поставленного условия следует привлечь к работе ещё 9 специалистов, или всего 14 человек.

### Порядок выполнения работы

1. Ознакомиться с теоретическими сведениями данной работы.
2. В соответствии со своим вариантом задания рассчитать количество экспертов, необходимое для проведения экспертизы, исходя из условия полноты выявления представляемых ими данных. Варианты заданий приведены в табл. 1.1 – 1.10.
3. Проанализировать полученные результаты и оформить отчёт.
4. Ответить на контрольные вопросы.

#### 1.1. Исходные данные для варианта 1

№ предложения \ № эксперта	1	2	3	4	5	Вид предложения	$\alpha$
1	+	+	+	+	+	очевидные	0,05
2	+	+	+	+	+		
3	+	+	+	+	+		
4	+		+	+	+	известные	
5	+	+	+		+		
6		+		+	+		
7	+			+		неочевидные	
8			+				
9					+		
10		+				особые	
11				+			
12	+						

### 1.2. Исходные данные для варианта 2

№ предложения \ № эксперта	1	2	3	4	5	Вид предложения	$\alpha$
1	+	+	+	+	+	очевидные	0,01
2	+	+	+	+	+		
3	+		+	+	+	известные	
4	+		+		+		
5	+		+		+		
6		+		+		неочевидные	
7	+			+			
8			+		+		
9		+			+	особые	
10					+		
11				+			
12		+					

### 1.3. Исходные данные для варианта 3

№ предложения \ № эксперта	1	2	3	4	5	Вид предложения	$\alpha$
1	+	+	+	+	+	очевидные	0,05
2	+	+	+	+	+		
3	+	+	+		+	известные	
4			+	+	+		
5		+	+		+		
6				+	+	неочевидные	
7	+	+					
8			+	+			
9					+	особые	
10			+				
11	+						
12				+			

### 1.4. Исходные данные для варианта 4

№ предложения \ № эксперта	1	2	3	4	5	Вид предложения	$\alpha$
1	+	+	+	+	+	очевидные	0,01
2	+	+	+	+	+		
3	+	+	+	+	+		
4	+		+	+	+	известные	
5	+	+	+				
6		+			+	неочевидные	
7		+		+			
8	+				+		
9			+		+	особые	
10			+				
11					+		
12	+						

### 1.5. Исходные данные для варианта 5

№ предложения \ № эксперта	1	2	3	4	5	Вид предложения	$\alpha$
1	+	+	+	+	+	очевидные	0,05
2	+	+	+	+	+		
3	+	+	+	+	+		
4	+	+	+	+		известные	
5		+	+	+	+		
6	+	+	+			неочевидные	
7	+	+					
8			+	+			
9				+	+	особые	
10		+	+				
11					+		
12		+					

### 1.6. Исходные данные для варианта 6

№ предложения \ № эксперта	1	2	3	4	5	Вид предложения	$\alpha$
1	+	+	+	+	+	очевидные	0,05
2	+	+	+	+	+		
3	+	+	+	+	+		
4	+	+		+	+	известные	
5		+	+	+	+		
6	+	+	+				
7		+	+			неочевидные	
8				+	+		
9				+	+		
10		+	+				
11	+					особые	
12					+		

### 1.7. Исходные данные для варианта 7

№ предложения \ № эксперта	1	2	3	4	5	Вид предложения	$\alpha$
1	+	+	+	+	+	очевидные	0,05
2	+	+	+	+	+		
3	+	+	+	+	+		
4	+	+	+	+		известные	
5		+	+	+	+		
6		+	+	+			
7		+	+			неочевидные	
8	+		+				
9				+	+		
10		+	+				
11			+			особые	
12		+					

### 1.8. Исходные данные для варианта 8

№ предложения \ № эксперта	1	2	3	4	5	Вид предложения	$\alpha$
1	+	+	+	+	+	очевидные	0,05
2	+	+	+	+	+		
3	+	+	+	+	+		
4	+	+	+	+		известные	
5		+	+	+	+		
6	+	+	+				
7	+	+				неочевидные	
8		+	+				
9				+	+		
10	+			+			
11					+	особые	
12			+				

### 1.9. Исходные данные для варианта 9

№ предложения \ № эксперта	1	2	3	4	5	Вид предложения	$\alpha$
1	+	+	+	+	+	очевидные	0,05
2	+	+	+	+	+		
3	+	+	+	+	+		
4	+	+	+	+		известные	
5	+		+	+	+		
6	+		+		+		
7		+		+		неочевидные	
8			+	+			
9				+	+		
10		+		+			
11			+			особые	
12		+					

### 1.10. Исходные данные для варианта 10

№ предложения \ № эксперта	№ эксперта					Вид предложения	$\alpha$
	1	2	3	4	5		
1	+	+	+	+	+	очевидные	0,05
2	+	+	+	+	+		
3	+	+	+	+	+		
4	+	+	+	+		известные	
5	+	+		+	+		
6	+		+		+		
7	+				+	неочевидные	
8		+	+				
9	+				+		
10		+	+			особые	
11					+		
12			+				

#### Контрольные вопросы

1. Какие методы оценки качества продукции вы знаете?
2. В каких случаях используются экспертные методы оценки качества продукции?
3. Какие задачи стоят перед квалиметрологом при формировании экспертных групп?
4. Из какого условия рассчитывается число экспертов, необходимое для проведения экспертизы?
5. Опишите алгоритм расчёта числа экспертов, необходимого для проведения экспертизы.
6. На какие группы можно разделить данные, предоставляемые экспертами в ходе генерации?
7. Какие группы предложений, выдвинутых экспертами в ходе генерации, представляют наибольший интерес и почему?
8. Как рассчитывается вероятность появления «особых» и «неочевидных» предложений?
9. Что собой представляет коэффициент  $\lambda$  и как он рассчитывается?
10. Какие допущения принимаются при расчёте числа экспертов, необходимого для проведения экспертизы?

11. Как изменяется коэффициент  $\lambda$  при привлечении каждого дополнительного эксперта?
12. Какие исходные данные необходимы для расчёта числа экспертов в группе?
13. Какие формулы используются для расчёта числа экспертов, необходимого для проведения экспертизы?
14. Почему превышение рассчитанного числа экспертов не приводит к увеличению эффективности работы группы?
15. Можно ли сокращать численность экспертной группы ниже рассчитанного значения?
16. Зависит ли результат расчёта необходимого числа экспертов от их предварительного количества?
17. Сколько подгрупп должно быть сформировано при расчёте числа экспертов, если их предварительное количество равно  $m$ ?
18. Назовите основные достоинства экспертных методов.
19. Какие недостатки присущи экспертным методам?
20. Каким требованиям должен отвечать кандидат в эксперты?
21. Приведите примеры показателей качества, которые могут быть оценены экспертными методами.

## Практическая работа 2

### ОПРЕДЕЛЕНИЕ КАЧЕСТВЕННОГО СОСТАВА ЭКСПЕРТНОЙ ГРУППЫ

**Цель работы:** изучение методов количественной оценки качества экспертов при формировании экспертной группы; использование методов статистической оценки качества экспертов при создании экспертной группы, предназначенной для оценки качества конкретного изделия.

#### Краткие теоретические сведения

Следующим этапом формирования экспертной группы является количественная оценка качества экспертной группы.

Так же как в метрологии точность результата измерения зависит от точности прибора, которым производится это измерение, так и объективность экспертной оценки, её точность зависят в основном от качества экспертной группы: квалификации каждого её эксперта, его способности к аналитическому мышлению, синтетическому обобщению, от его кругозора, эрудиции, психофизиологических способностей и т.д.

В настоящее время на практике для количественной оценки качества экспертов используются следующие методы [2]:

1. Эвристические, при которых значение оценок определяются человеком; методы эвристической оценки основаны на том, что представление, сложившееся о данном эксперте у окружающих (или у него самого), достаточно правильно отражает его истинное качество; эвристические оценки включают: самооценку, взаимооценку, оценку эксперта членами рабочей группы.

2. Статические, при которых значение оценок получаются в результате обработки суждения экспертов об оцениваемой продукции.

3. Тестовые, при которых значения оценок получаются в результате специальных испытаний, основанных на решении специально подобранных тестовых задач.

4. Документальные, при которых значения оценок получаются на основе анализа документальных данных об экспертах.

5. Комбинированные, при которых значения оценок получаются с помощью любой совокупности перечисленных выше методов.

Наиболее обоснованными в настоящее время являются статистические методы оценки качества экспертов [3], которые позволяют оценить согласованность экспертных мнений, полученных после обработки результатов специальных опросов.

В основе методов лежит посылка, что истинным значением определяемой экспертами величины (свойства), является значение средней оценки экспертной группы. Чем меньше отклонение значения индивидуальной оценки, назначенной экспертом, от групповой средней оценки, тем выше качество этого эксперта, которое может быть учтено путём присвоения в результате каждому эксперту соответствующего «веса» или весового коэффициента.

Для оценки согласованности экспертной группы может быть использован коэффициент вариации мнений по каждому  $i$ -му показателю:

$$v_i = 100\sigma_i / \bar{R}_i, \quad (2.1)$$

где  $\sigma_i = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^m (\bar{R}_i - R_{ij})^2}{m-1}}$  – среднеквадратическое отклонение по каждому

$i$ -му показателю качества;  $\bar{R}_i$  – средний по всем экспертам ранг  $i$ -го показателя качества;  $R_{ij}$  – ранг  $i$ -го показателя качества, проставленный  $j$ -м экспертом;  $m$  – число экспертов.

Чем больше значение  $v_i$ , тем меньше согласованность мнений экспертов в отношении важности  $i$ -го показателя. При  $v_i < 10\%$  согласованность мнений экспертов считают высокой, при  $v_i < 15\%$  – выше средней, при  $v_i < 25\%$  – средней, при  $v_i \leq 35\%$  – ниже средней и при  $v_i > 35\%$  – низкой.

Для оценки общей согласованности мнений экспертов определяют коэффициент конкордации по формуле

$$W = \frac{12 \sum_{i=1}^n (S_i - \bar{S})^2}{m^2(n^3 - n) - m \sum_{j=1}^m F_j}, \quad (2.2)$$

где  $S_i$  – сумма ранговых оценок экспертов по каждому  $i$ -му единичному показателю;  $\bar{S} = 0,5m(n + 1)$  – средняя сумма рангов для всех единичных показателей;  $n$  – число единичных показателей;  $F_j = \sum_{i=1}^u (t_g^3 - t_g)$  – показатель одинаковости;  $u$  – число оценок с одинаковыми рангами у  $j$ -го эксперта;  $t_g$  – число одинаковых рангов в каждой  $g$ -й оценке у  $j$ -го эксперта.

Значения  $W$  могут находиться в пределах от нуля до единицы. Согласованность мнений экспертов будет тем лучше, чем ближе  $W$  к единице. Значение  $W = 0$  свидетельствует о полном безразличии или несогласованности мнений экспертов. При  $W = 1$  мнения всех экспертов полностью совпадают. Значимость  $W$  оценивают по критерию:

$$\chi^2 = Wm(n-1). \quad (2.3)$$

Если  $\chi^2 > \chi_{\text{табл}}^2$ , то показатель  $W$  значим с установленной вероятностью. Значения  $\chi_{\text{табл}}^2$  приведены в табл. 2.1 [4].

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

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

При  $W > 0,5$  можно рассчитывать коэффициенты весомости каждого  $i$ -го показателя для установления минимального комплекса показателей. Вместе с тем при необходимости подсчёта комплексного показателя должно выполняться условие:  $W \geq 0,6$ . В противном случае следует организовать повторную экспертизу или исключить мнения экспертов с сомнительными оценками.

Для выявления экспертов, ранговые оценки которых в большей степени отличаются от суммарных оценок весомости  $S_i$ , последние заменяют соответствующими рангами. При этом  $R(S_i) = 1$  присваивается минимальному значению  $S_i$ . Последующие ранги  $R(S_i)$  возрастают с увеличением суммарных оценок  $S_i$ . Затем для каждого эксперта подсчитывают разности по модулю

$$\Delta R_{ij} = |R_{ij} - R(S_i)|. \quad (2.4)$$

Очевидно, что максимальное значение суммы  $\sum_{i=1}^n \Delta R_{ij}$  будет свидетельствовать о наибольшем отклонении ранговых оценок  $j$ -го эксперта от оценок остальных экспертов, поэтому его оценки  $(R_{ji})'$  исключают и находят суммарные конечные оценки  $S_{ki} = S_i - (R_{ji})'$  для оставшихся экспертов.

Далее рассчитывают коэффициент конкордации  $W$  по рассмотренной выше методике. Эту операцию повторяют до тех пор, пока не будет достигнута приемлемая согласованность экспертных оценок. При этом рекомендуется, чтобы количество оставшихся экспертов было не менее  $2/3$  от первоначального состава экспертной группы. В противном случае требуется заново сформировать экспертную группу. Для решения большинства задач по экспертной оценке качества продукции, оптимальными могут считаться экспертные группы, включающие от 7 до 20 экспертов.

### Порядок выполнения работы

1. Ознакомиться с теоретическими сведениями данной работы.
2. Сформировать экспертные группы из 5 – 7 человек.
3. Провести ранжирование единичных показателей качества объекта экспертизы «руководящий работник». Базовый перечень единичных показателей качества состоит из 14 характерных черт:
  - опытность (стаж руководящей работы);
  - лидерство (авторитет среди персонала);
  - компетентность (наличие соответствующего образования);

- коммуникабельность (умение общаться);
- порядочность (уровень воспитания и культуры);
- убежденность (умение убеждать собеседника);
- способность распределять и организовывать работу;
- требовательность (стремление к выполнению планов);
- дальновидность (умение видеть перспективы);
- ответственность (умение отвечать за свои слова и поступки);
- надёжность (умение выполнять обещания);
- способность контролировать своё настроение;
- способность к риску (здоровый авантюризм);
- пунктуальность (умение чётко ставить задачу).

При этом наиболее важный показатель обозначают рангом  $R_{ij} = 1$ , а наименее значимый – рангом  $R_{ij} = n$ . Если эксперт считает несколько показателей равноценными по значимости, то им присваиваются равные ранги.

4. Заполнить строки 1 – 7 табл. 2.2.

## 2.2. Сводная таблица

№ строки	№ эксперта	Ранговые оценки показателей качества $R_{ij}$					Сумма	$F_j$
		1	...	$i$	...	$n$		
1	1							
2	...							
3	$j$							
4	...							
5	$m$							
6	$S_i$							
7	$(S_i - \bar{S})^2$							
8	$R(S_i)$							
9	$\Delta R_{il}$							
10	...							
11	$\Delta R_{ij}$							
12	...							
13	$\Delta R_{im}$							
14	$S_{ki}$							
15	$(S_{ki} - \bar{S}_k)^2$							

5. Оценить согласованность мнений экспертов относительно важности каждого  $i$ -го единичного показателя с использованием выражения (2.1).

6. Рассчитать коэффициент конкордации  $W$  по формуле (2.2) и оценить его значимость по критерию  $\chi^2$ , используя выражение (2.3).

7. Проанализировать величину  $W$ : если  $W < 0,6$ , то необходимо выявить эксперта, чьи оценки наиболее отличаются от других. Для этого необходимо рассчитать значения  $\Delta R_{ij}$  по всем экспертам и заполнить строки 9 – 13 табл. 2.1. Исключить из рассмотрения данные эксперта с наиболее отличающимися оценками и заново оценить согласованность оставшихся экспертов по формулам (2.1) – (2.3). По результатам расчётов заполнить строки 14–15 табл. 2.2.

Если  $W \geq 0,6$ , то уровень согласованности экспертов считается достаточным и строки 8 – 15 не заполняются.

8. Сделать выводы по работе и оформить отчёт.

9. Ответить на контрольные вопросы.

### Контрольные вопросы

1. Перечислите факторы, влияющие на объективность экспертной оценки.

2. Перечислите группы методов количественной оценки качественного состава экспертной группы?

3. На чём основаны эвристические методы количественной оценки качественного состава экспертной группы?

4. Какие методы количественной оценки качественного состава экспертной группы входят в группу эвристических?

5. На чём основаны статистические методы количественной оценки качественного состава экспертной группы?

6. Какие разновидности статистических методов вы знаете?

7. На чём основаны тестовые методы количественной оценки качественного состава экспертной группы?

8. Какие разновидности тестовых методов вы знаете?

9. На чём основаны документальные методы количественной оценки качественного состава экспертной группы?

10. Какие разновидности документальных методов вы знаете?

11. Какие методы количественной оценки качественного состава экспертной группы являются наиболее распространёнными и почему?

12. Какие количественные характеристики качественного состава экспертной группы вы знаете?

13. Что собой представляет коэффициент вариации и какие значения он может принимать?

14. Приведите формулу для расчёта коэффициента вариации.
15. Что собой представляет коэффициент конкордации и какие значения он может принимать?
16. Приведите формулу для расчёта коэффициента конкордации.
17. Что характеризует показатель одинаковости  $F_i$ ?
18. По какому критерию оценивается значимость коэффициента конкордации?
19. Как определяются значения квантиля  $\chi^2$  при оценке значимости коэффициента конкордации?
20. Опишите порядок действий при недостаточной согласованности мнений экспертной группы.
21. Какое число экспертов рекомендуется привлекать к участию в экспертизе и какое их количество может быть исключено из состава экспертной группы из-за несогласованности их оценок с оценками остальных экспертов?

### Практическая работа 3

#### ЕДИНИЧНЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ КАЧЕСТВА ПРОМЫШЛЕННОЙ ПРОДУКЦИИ

**Цель работы:** изучить существующие показатели качества продукции, научиться выявлять единичные показатели качества.

#### Краткие теоретические сведения

Качество продукции – совокупность свойств и характеристик продукции или услуги, которые придают им способность удовлетворять обусловленные или предполагаемые потребности [5].

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

Показатели, выражающие простые свойства, т.е. непосредственно измеримые, называют «единичными». Все остальные показатели, рассчитываемые по единичным, называют «комплексными».

Для выявления показателей качества объекта экспертизы используют следующие источники:

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

### **Порядок выполнения работы**

1. Ознакомиться с теоретическими сведениями данной работы.
2. Сформировать экспертные группы из 5–6 человек.
3. Выбрать объект экспертизы.
4. Выявить единичные показатели качества объекта экспертизы, используя вышеуказанные источники.
5. Определить меры показателей качества (в единицах физических величин или в безразмерных единицах).
6. Результаты оформить в виде табл. 3.1.
7. Проанализировать полученные данные и сделать выводы по работе.
8. Ответить на контрольные вопросы.

### **3.1. Сводная таблица**

№	Единичные показатели качества	Меры
1	2	3

### **Контрольные вопросы**

1. Дайте определение термину «качество продукции».
2. Дайте определение термину «показатель качества продукции».
3. Раскройте понятие термина «единичный показатель качества».
4. Раскройте понятие термина «комплексный показатель качества».
5. Какие компоненты качества, которые необходимо учитывать при формировании показателя качества продукции?

6. На какой вопрос должны отвечать показатели качества продукции?

7. Какие источники используются для выявления единичных показателей качества продукции?

8. Приведите примеры единичных показателей качества, которые могут быть использованы для характеристики качества автомобиля. Какую общественную потребность способен удовлетворять каждый из названных показателей?

9. Приведите примеры единичных показателей качества, которые могут быть использованы для характеристики качества вольтметра. Какую общественную потребность способен удовлетворять каждый из названных показателей?

10. Приведите примеры единичных показателей качества, которые могут быть использованы для характеристики качества сотового телефона. Какую общественную потребность способен удовлетворять каждый из названных показателей?

11. Приведите примеры единичных показателей качества, которые могут быть использованы для характеристики качества зимней обуви. Какую общественную потребность способен удовлетворять каждый из названных показателей?

12. Приведите примеры единичных показателей качества, которые могут быть использованы для характеристики качества микроволновой печи. Какую общественную потребность способен удовлетворять каждый из названных показателей?

13. Приведите примеры единичных показателей качества, которые могут быть использованы для характеристики качества детского конструктора. Какую общественную потребность способен удовлетворять каждый из названных показателей?

14. Приведите примеры единичных показателей качества, которые могут быть использованы для характеристики качества велосипеда. Какую общественную потребность способен удовлетворять каждый из названных показателей?

15. Приведите примеры единичных показателей качества, которые могут быть использованы для характеристики качества книги. Какую общественную потребность способен удовлетворять каждый из названных показателей?

16. Приведите примеры единичных показателей качества, которые могут быть использованы для характеристики качества барометра. Какую общественную потребность способен удовлетворять каждый из названных показателей?

17. Приведите примеры единичных показателей качества, которые могут быть использованы для характеристики качества детского питания. Какую общественную потребность способен удовлетворять каждый из названных показателей?

18. Приведите примеры единичных показателей качества, которые могут быть использованы для характеристики качества кондитерских изделий. Какую общественную потребность способен удовлетворять каждый из названных показателей?

19. Приведите примеры единичных показателей качества, которые могут быть использованы для характеристики качества кофе. Какую общественную потребность способен удовлетворять каждый из названных показателей?

20. Приведите примеры единичных показателей качества, которые могут быть использованы для характеристики качества ювелирных изделий. Какую общественную потребность способен удовлетворять каждый из названных показателей?

21. Какие источники вы использовали в ходе занятия для выявления единичных показателей качества объекта экспертизы?

## Практическая работа 4

### ПОСТРОЕНИЕ МНОГОУРОВНЕВОЙ СТРУКТУРЫ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА С ПРИВЛЕЧЕНИЕМ ЭКСПЕРТНОЙ ГРУППЫ

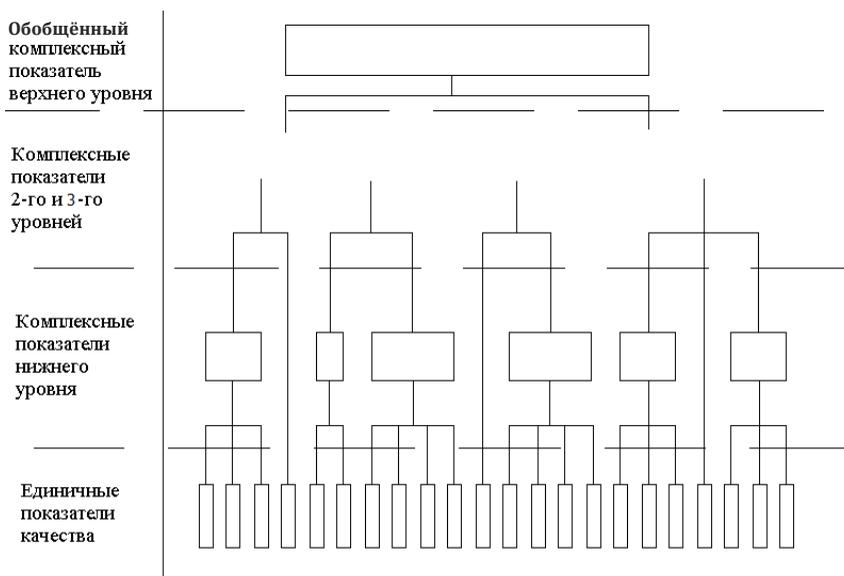
**Цель работы:** познакомиться с номенклатурными группами показателей качества продукции и получить навыки построения многоуровневой структуры показателей качества, используя «метод группировок».

#### Краткие теоретические сведения

Для всесторонней характеристики качества продукции в квалиметрии используется многоуровневая структура показателей качества, которую также называют иерархическим «деревом свойств».

При построении «дерева свойств» качество, как некоторое наиболее обобщённое, комплексное свойство продукции, раскладывается на совокупность простых, единичных показателей качества путём последовательного многоуровневого подразделения («декомпозиции») каждого более сложного свойства на группу менее сложных.

В общем виде «дерево свойств» имеет вид, представленный на рис. 4.1.



**Рис. 4.1. Многоуровневая структура показателей качества («дерева свойств»)**

При построении «дерева свойств» наиболее общие свойства, составляющие второй уровень, можно сформировать, используя номенклатуру показателей качества однородной продукции, которые можно разделить на 10 групп [5]:

- 1) показатели назначения;
- 2) показатели надёжности;
- 3) показатели технологичности;
- 4) показатели унификации;
- 5) патентно-правовые показатели;
- 6) эргономические показатели;
- 7) эстетические показатели;
- 8) показатели транспортабельности;
- 9) показатели безопасности;
- 10) экологические показатели.

В свою очередь указанные группы показателей качества, представляющих собой комплексные показатели второго уровня, делятся на подгруппы – комплексные показатели третьего уровня.

Так, показатели назначения подразделяются на четыре подгруппы: классификационные, функциональные и технической эффективности, конструктивные, состава и структуры.

Показатели надёжности также подразделяются на четыре подгруппы: безотказности, долговечности, ремонтпригодности, сохраняемости.

К показателям технологичности относятся: трудоемкость, материалоёмкость, себестоимость.

К показателям унификации относят коэффициенты: применяемости, повторяемости, взаимной унификации для групп изделий, унификации для группы изделий.

Патентно-правовые показатели делят на две подгруппы: патентной защиты и патентной чистоты.

К группе эргономических показателей относятся подгруппы: антропометрические, гигиенические, физиологические и психофизиологические, психологические.

Эстетические показатели подразделяются на подгруппы: информационной выразительности, рациональности формы, целостности композиции, совершенства производственного исполнения и стабильности товарного вида.

К показателям транспортабельности относят: массу изделия, габаритные размеры; среднюю стоимость перевозки на 1 км пути и т.д.

К показателям безопасности относят: сопротивление изоляции токоведущих частей, электрическую прочность и т.д.

К экологическим показателям относят: содержание вредных примесей в составе продукции; вероятность выбросов вредных частиц, газов и излучений при производстве, хранении, транспортировании, эксплуатации и т.д.

Комплексные показатели третьего уровня могут подразделяться на комплексные показатели более низких уровней (4-го, 5-го, ..., *m*-го) вплоть до элементарных, состоящих только из единичных показателей качества.

При построении «дерева свойств» участники экспертной группы могут придерживаться различных мнений по поводу отнесения различных единичных показателей к той или иной группе. В связи с этим целесообразно использовать «метод группировок», который позволяет построить иерархическую структуру свойств объекта исследования, наиболее полно отражающую мнение большинства участников экспертной группы.

Алгоритм выполнения группировок состоит из следующих этапов [1].

На начальном этапе руководителю экспертной группы необходимо выполнить предварительную группировку, объединив единичные показатели в группы и присвоив каждой группе своё название, например «функциональные», «информационные» и т.д.

Список показателей и предварительных групп передают экспертам, которые распределяют единичные показатели по предложенным группам. При этом эксперты могут корректировать как список групп, так и перечень показателей, объединяя тождественные, по их суждению, и вписывая новые.

Статистическая обработка группировок включает поиск «выпадающих» показателей, поиск согласованных групп показателей и проверку согласованности группировки каждого эксперта с общим составом показателей в согласованной группе.

Мерой принадлежности показателя  $A$  к группе  $S$  служит число  $\alpha$ , указывающее ту часть экспертов, которая включила объект  $A$  в данную группу. Величина  $\alpha$  называется уровнем согласованности экспертов в отношении объекта  $A$  и определяется по формуле:

$$\alpha_{(A)} = \frac{m(A)}{m}, \quad (4.1)$$

где  $m(A)$  – число экспертов, включивших показатель  $A$  в группу  $S$ ;  $m$  – общее число экспертов.

Для включения показателя  $A$  в обобщённую группу  $S_0$  выбирают критическое значение  $\alpha_{кр}$ , достижение или превышение которого означает включение объекта  $A$  в группу  $S_0$ . В наиболее ответственных задачах  $\alpha_{кр} = 1,0$ ; в менее ответственных  $\alpha_{кр} = 0,8$  или  $0,66$ , но не ниже  $0,5$ .

Итак, рассчитывая значения уровня согласованности для каждого показателя, включённого хотя бы одним экспертом в группу  $S$ , находят те показатели, для которых  $\alpha_{(A)} > \alpha_{кр}$ , и включают их в согласованную группу  $S_0$ .

Далее проверяют, насколько группировка каждого эксперта совпадает с полученной обобщённой группой  $S_0$ . Мерой согласованности индивидуальной группировки  $j$ -го эксперта с группой  $S_0$  служит число  $\beta$ , указывающее долю тех показателей из этой индивидуальной группировки, которые входят в обобщённую группу:

$$\beta = \frac{n_j(S_0)}{n_j}, \quad (4.2)$$

где  $n_j(S_0)$  – число объектов, входящих в обобщённую группу  $S_0$ ;  $n_j$  – общее число объектов в  $j$ -й индивидуальной группировке.

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

**Пример.** При выявлении структуры отказов погружного электродвигателя (ПЭД) составлен список элементов ПЭД, подверженных отказам:

- (1) – обмотка статора;
- (2) – изоляция обмоточного провода;
- (3) – пазовая изоляция;
- (4) – токоввод;
- (5) – вал;
- (6) – выводные концы;
- (7) – узел подшипника роторов;
- (8) – радиальные подшипники;
- (9) – жести ротора;
- (10) – компаунд;
- (11) – торцевые уплотнения.

Экспертами предложены группировки показателей, представленные в табл. 4.1.

#### 4.1. Исходные данные для примера

№ группы	S1	S2	S2
1	(1)(2)(3)(4)(6)	(5)(9)(10)(11)	(7)(8)
2	(1)(2)(3)(7)	(4)(5)(9)	(6)(8)(10)(11)
3	(1)(3)(4)(5)(6)	(9)(10)(11)	(2)(7)(8)
4	(1)(2)(4)(6)(9)	(3)(5)(10)(11)	(7)(8)

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

Рассчитываем значения уровня согласованности объектов по группам (табл. 4.2).

#### 4.2. Расчёт уровня согласованности объектов

S1	S2	S3
(1) 1,0	(3) 0,25	(2) 0,25
(2) 0,75	(4) 0,25	(6) 0,25
(3) 0,75	(5) 0,75	(7) 0,75
(4) 0,75	(9) 0,75	(8) 1,0
(5) 0,25	(10) 0,75	(10) 0,25
(6) 0,75	(11) 0,75	(11) 0,25
(7) 0,25		
(9) 0,25		

Следовательно, при  $\alpha_{кр} = 0,66$  находим обобщённые группы (табл. 4.3).

### 4.3. Обобщённые группы

S1	S2	S3
(1)(2)(3)(4)(6)	(5)(9)(10)(11)	(7)(8)

Проверяем индивидуальные экспертные группировки на выпадение, рассчитывая значение  $\beta$  (табл. 4.4).

### 4.4. Согласованность индивидуальных группировок с обобщённой группой

№ эксперта	S1	S2	S3
1	1,0	1,0	1,0
2	0,6	0,67	0,5
3	0,8	1,0	0,67
4	0,8	0,75	1,0

Принимая  $\beta_{кр} = 0,66$ , следовало бы исключить данные эксперта № 2 из группировок S1 и S3. Но, как легко проверить, обобщённые группировки от этого не изменятся. Если бы обобщённая группировка изменилась, следовало бы вновь рассчитать показатели согласованности индивидуальных групп и повторить построение согласованных группировок. Если бы в результате проверки принадлежности показателей к каждой группе было обнаружено, что один или несколько показателей не вошли ни в одну группу, это означало бы, что эти объекты образуют особую группу, либо их описания по-разному поняты разными экспертами. В этом случае следовало бы провести обсуждения с экспертами возникшей ситуации и принять соответствующее решение.

### Порядок выполнения работы

1. Ознакомиться с теоретическими сведениями данной работы.
2. Работая в составе экспертных групп, определить номенклатурные группы, характерные для выбранного объекта экспертизы. По возможности выделить внутри них подгруппы (комплексные показатели) более низких уровней (2, 3, 4, ...,  $m$ -го) и присвоить им названия, отражающие принцип объединения показателей в одну подгруппу.

3. Выполнить распределение единичных показателей качества, которые были получены в ходе выполнения предыдущей работы, по элементарным (неделимым) подгруппам, входящим в состав номенклатурных групп. Полученные результаты оформить в виде табл. 4.5.

4. Используя «метод группировок», сформировать обобщённую многоуровневую структуру показателей качества на основании индивидуальных группировок каждого эксперта. Многоуровневая структура показателей качества должна иметь вид, показанный на рис. 4.1.

5. Проанализировать полученные данные и сделать выводы по работе.

6. Ответить на контрольные вопросы.

#### 4.5. Сводная таблица

№ подгруппы № эксперта	1	2	...	<i>n</i>
1				
2				
...				
<i>k</i>				

#### Контрольные вопросы

1. Что собой представляет «дерево свойств» продукции и в чём его назначение?

2. Назовите 10 групп показателей качества, которые входят в номенклатуру показателей качества, регламентированную нормативными документами для промышленной продукции?

3. На какие подгруппы делятся показатели назначения?

4. На какие подгруппы делятся показатели надёжности?

5. На какие подгруппы делятся показатели технологичности?

6. На какие подгруппы делятся показатели унификации?

7. На какие подгруппы делятся патентно-правовые показатели?

8. На какие подгруппы делятся эргономические показатели?

9. На какие подгруппы делятся эстетические показатели?

10. На какие подгруппы делятся показатели транспортабельности?

11. На какие подгруппы делятся показатели безопасности?

12. На какие подгруппы делятся экологические показатели?

13. Опишите алгоритм выполнения группировок единичных показателей качества.

14. Что служит мерой принадлежности единичного показателя к той или иной группе?

15. Каким образом рассчитывается мера принадлежности показателя  $A$  к группе  $S$ ?
16. Какие значения может принимать величина  $\alpha$ ?
17. Что служит мерой согласованности индивидуальной группировки каждого эксперта с обобщённой группой?
18. Каким образом рассчитывается мера согласованности индивидуальной группировки  $j$ -го эксперта с обобщённой группой?
19. Какие значения может принимать величина  $\beta$ ?
20. Как следует поступать с показателями, которые не вошли ни в одну из обобщённых групп?
21. Определите, к каким номенклатурным группам и подгруппам показателей качества промышленной продукции относится каждый из следующих единичных показателей: мощность двигателя автобуса, грузоподъёмность грузового автомобиля, производительность станка, размер экрана телевизора, наличие камеры в сотовом телефоне, процентное содержание легирующих добавок в стали, концентрация примесей в кислотах, средний срок службы автомобиля, стоимость ремонта стиральной машины, использование нестандартных деталей в конструкции радиоприёмника, удобство компьютерного кресла, уровень шума в новой квартире, цвет автомобиля, элегантность обуви, оформление упаковки карандашей, стоимость доставки мебели, отсутствие мелких деталей и острых углов в детских игрушках, наличие вредных химических добавок в стиральном порошке.

## Практическая работа 5

### МЕТОДЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЕДИНИЧНЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА ПРОДУКЦИИ. ШКАЛЫ ИЗМЕРЕНИЙ

**Цель работы:** знакомство с методами определения единичных показателей качества; получение навыков разработки балльных оценочных шкал для численного выражения единичных показателей.

#### Краткие теоретические сведения

Количественная оценка качества промышленной продукции всегда начинается с количественной оценки или измерения единичных показателей качества, располагающихся на самом низком  $m$ -м уровне иерархической структуры качества продукции.

Измерения могут выполняться как с помощью специальных технических средств, имеющих нормированные метрологические характеристики (они называются средствами измерений), так и без них. Соответственно, различаются *инструментальный* и *экспертный* методы измерений.

С помощью *инструментального метода* определяются значения таких показателей, как масса изделия, сила тока, длина предмета, скорость автомобиля и др.

*Экспертный метод* измерений применяют тогда, когда применение более объективных методов с использованием технических средств невозможно, сложно или экономически неоправданно. Разновидностью экспертного метода являются *органолептические измерения*. Они основаны на использовании органов чувств человека: зрения, слуха, осязания, обоняния и вкуса. С помощью органолептического метода определяют большинство эргономических и эстетических показателей качества продукции.

При комплексной оценке качества промышленной продукции наибольшей эффективностью обладает *комбинаторный метод*, который сочетает в себе инструментальные и органолептические измерения.

При использовании как инструментальных, так и экспертных методов оценки качества единичных показателей важную роль играет выбор и обоснование шкал измерения. Принято использовать шкалы [5]:

- наименований (номинационная);
- порядка (ранговая);
- интервалов;
- отношений.

Сводные сведения о шкалах представлены в табл. 5.1.

При использовании инструментального метода измерений чаще всего используются *шкалы интервалов и отношений*, а при экспертном оценивании – *шкалы наименований и порядка*.

Наибольшее распространение на практике при использовании экспертных методов получили балльные оценочные шкалы, являющиеся частным случаем *шкал порядка*.

Назначение балльных оценок производится экспертами в рамках выбранной оценочной шкалы путём анализа полученных ощущений при восприятии объекта оценки качества по данному свойству на основании имеющегося опыта. Количество баллов в оценочной шкале определяется возможностью различать градации уровня оцениваемого свойства экспертами. При экспертной оценке качества промышленной продукции наиболее часто используются шкалы с 5 – 9 градациями. Примерами балльных оценочных шкал могут служить шкалы интенсивности, шкалы желательности и их комбинации, широко используемые при органолептических измерениях внешнего вида, вкуса и запаха пищевых продуктов (табл. 5.2 – 5.4).

## 5.1. Типы шкал

Тип шкалы	Характеристика шкалы	Отношения, задаваемые на шкале
Наименований (номинационная)	Числа или другие символы шкалы используются только для классификации исследуемых объектов	Эквивалентность
Порядка (ранговая)	Можно установить, что свойство одного объекта находится в некотором отношении со свойством другого объекта. Могут быть построены для качественных и для количественных признаков	Эквивалентность и больше чем (меньше чем)
Интервалов	Порядковая шкала с известными расстояниями между двумя любыми числами на шкале: нулевая точка шкалы и оценочная единица выбираются произвольно. Пригодна только для количественных признаков	Эквивалентность и больше чем (меньше чем); известно отношение любых двух интервалов
Отношений	Интервальная шкала, но с фиксированной нулевой точкой. Отношение любых двух точек шкалы не зависит от оценочной единицы	Эквивалентность и больше чем (меньше чем); известно отношение любых двух интервалов и любых двух точек

## 5.2. Шкала желательности

Внешний вид продукта	Число баллов
Очень красивый	9
Красивый	8
Хороший	7
Хороший, но недостаточный	6
Средний	5
Немного нежелательный	4
Нежелательный	3
Плохой	2
Очень плохой	1

### 5.3. Шкала интенсивности

Вкус продукта	Число баллов
Выражен очень сильно	5
Выражен сильно	4
Выражен умеренно	3
Выражен очень мало	2
Совсем не выражен	1

### 5.4. Комбинация шкалы интенсивности и желательности

Запах продукта		Число баллов
Интенсивность	Желательность	
Очень ярко выражен	Высоко желательный	5
Ярко выражен	Желательный	4
Слабо выражен	Нейтральный	3
Ощущаемый	Средне нежелательный	2
Неощущаемый	Высоко нежелательный	1

### Порядок выполнения работы

1. Ознакомиться с теоретическими сведениями данной работы.

2. Работая в составе экспертных групп, определить тип шкалы, способ оценки (инструментальный или экспертный), единицы измерения и диапазон шкалы для всех единичных показателей качества, которые входят в состав многоуровневой структуры показателей качества объекта экспертизы, построенной на предыдущем занятии. Результаты представить в виде табл. 5.5.

### 5.5. Сводная таблица

№	Единичные показатели качества	Тип шкалы	Способ измерения	Единицы измерения	Диапазон шкалы
1	2	3	4	5	6

3. Разработать балльные оценочные шкалы для показателей качества, которые не могут быть измерены инструментальным путём, и оформить их в виде табл. 5.6.

### 5.6. Сводная таблица

Единичный показатель качества	
Градация	Число баллов

4. Проанализировать полученные данные и сделать выводы по работе.
5. Ответить на контрольные вопросы.

### Контрольные вопросы

1. Назовите существующие методы измерения единичных показателей качества.
2. Приведите примеры единичных показателей качества, которые могут быть измерены инструментальными методами.
3. Приведите примеры единичных показателей качества, которые могут быть измерены экспертными методами.
4. К какой группе методов относятся органолептические измерения?
5. Какие методы измерения единичных показателей качества понимаются под органолептическими?
6. Какие виды измерительных шкал вы знаете?
7. Дайте краткую характеристику шкалы наименований.
8. Приведите примеры использования шкалы наименований.
9. Дайте краткую характеристику шкалы порядка.
10. Приведите примеры использования шкалы порядка.
11. Дайте краткую характеристику шкалы интервалов.
12. Приведите примеры использования шкалы интервалов.
13. Дайте краткую характеристику шкалы отношений.
14. Приведите примеры использования шкалы отношений.
15. Что собой представляют балльные оценочные шкалы?
16. Для оценки каких единичных показателей качества могут быть использованы балльные оценочные шкалы?
17. Какие разновидности балльных оценочных шкал вы знаете?
18. Сколько градаций рекомендуется использовать в балльных оценочных шкалах?
19. Приведите примеры балльных шкал для оценки вкуса продукции.
20. Приведите примеры балльных шкал для оценки запаха продукции.
21. Приведите примеры балльных шкал для оценки внешнего вида продукции.

**ЭКСПЕРТНЫЕ МЕТОДЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ КОЭФФИЦИЕНТОВ  
ВЕСОМОСТИ ЕДИНИЧНЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА.  
МЕТОД ПРЕДПОЧТЕНИЯ И МЕТОД РАНГА**

**Цель работы:** знакомство с экспертными методами определения коэффициентов весомости единичных показателей качества; получение практических навыков использования методов предпочтения и ранга для определения коэффициентов весомости свойств конкретных объектов.

**Краткие теоретические сведения**

Использование аналитических методов определения коэффициентов весомости  $M_i$  достаточно трудоёмко и не всегда приемлемо. В связи с этим на практике отдают предпочтение экспертным методам в силу их универсальности, простоты реализации, «гибкости» и достаточно высокой достоверности получаемых на их основе результатов.

Самым простым из всех экспертных методов оценки весомости свойств объектов является *метод предпочтения* [5]. При использовании этого метода от каждого эксперта требуется пронумеровать весомости в порядке их предпочтения. При этом весомости наименее предпочитаемого свойства (наименее важного свойства) эксперт должен присвоить номер 1, следующему по важности свойству – номер 2 и т.д. На основе полученных таким образом экспертных оценок рассчитываются коэффициенты весомости всех выделенных для оценки свойств с использованием выражения

$$M_i = \sum_{j=1}^m W_{ij} / \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m W_{ij}, \quad (6.1)$$

где  $W_{ij}$  – место, на которое поставлено  $i$ -е свойство  $j$ -м экспертом;  $m$  – количество экспертов, участвовавших в экспертизе;  $n$  – количество оцениваемых свойств.

Весьма близок к рассмотренному методу, как по процедуре опроса экспертов, так и по обработке результатов экспертизы, так называемый *метод ранга*. При реализации этого метода эксперты должны осуществить прямое оценивание важности каждого выделенного свойства по шкале относительной значимости в диапазоне значений оценок от 1 до 10. Причём экспертам разрешено по этой шкале выставлять оцениваемым свойствам не только целые, но и дробные значения оценок, а также оди-

наковые значения оценок – одинаково значимым свойствам. Для определения искомых значений коэффициентов весомости оцениваемых свойств используются следующие формулы:

$$M_i = \sum_{j=1}^m M_{ij} / \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m M_{ij}, \quad (6.2)$$

$$M_{ij} = R_{ij} / \sum_{i=1}^n R_{ij}, \quad (6.3)$$

где  $R_{ij}$  – абсолютное значение оценки весомости  $i$ -го свойства, определенное по 10-балльной шкале  $j$ -м экспертом.

Далее на основании полученных коэффициентов весомости определяют наиболее значимые единичные показатели качества, для которых выполняется условие

$$M_i > 1/n. \quad (6.4)$$

Так как  $\sum M_i = 1$ , то после исключения наименее значимых показателей качества коэффициенты весомости остальных показателей пересчитывают по формуле

$$M_{i0} = M_i^* / \sum_{i=1}^k M_i^*, \quad (6.5)$$

где  $M_i^*$  – коэффициенты весомости показателей, для которых выполняется условие (6.4);  $k$  – число наиболее значимых показателей качества.

### Порядок выполнения работы

1. Ознакомиться с теоретическими сведениями данной работы.
2. Сформировать экспертную группу из 5 – 7 человек.
3. Используя метод предпочтений, пронумеровать все единичные показатели качества объекта экспертизы (практическое занятие 3) в порядке их значимости (от наименее значимого, как наиболее значимому). Рассчитать коэффициенты весомости показателей качества по формуле (6.1) и заполнить табл. 6.1.
4. Используя метод ранга, оценить важность каждого показателя качества в диапазоне значений оценок от 1 до 10. Рассчитать коэффициенты весомости показателей качества по формуле (6.2) и заполнить табл. 6.2.

### 6.1. Сводная таблица предпочтений экспертов

Номер эксперта	Порядковый номер $i$ -го показателя в ряду предпочтений			
	$W_{1j}$	$W_{2j}$	...	$W_{nj}$
1				
2				
...				
$m$				
$\sum M_{ij}$				
$M_i$				

### 6.2. Сводная таблица ранговых оценок экспертов

Номер эксперта	Ранговые оценки $i$ -го показателя				$\sum R_{ij}$
	$R_{1j}$	$R_{2j}$	...	$R_{nj}$	
1					
2					
...					
$m$					
$M_i$					

5. На основании значений коэффициентов весомости, полученных методом предпочтений и методом ранга, сделать вывод о степени значимости единичных показателей и целесообразности их дальнейшего использования в процессе оценки.

6. Пересчитать коэффициенты весомости наиболее значимых показателей по формуле (6.5).

7. Проанализировать полученные данные и сформулировать выводы по работе.

8. Ответить на контрольные вопросы.

#### Контрольные вопросы

1. Назовите количественные характеристики единичных показателей качества?

2. Какие методы определения коэффициентов весомости единичных показателей вы знаете?

3. Назовите достоинства и недостатки аналитических методов определения коэффициентов весомости.

4. Назовите достоинства и недостатки экспертных методов определения коэффициентов весомости.
5. Какие виды экспертных методов оценки коэффициентов весомости вы знаете?
6. В чём заключается метод предпочтения?
7. Опишите методику использования метода предпочтений при определении коэффициентов весомости.
8. Какие аналитические выражения используются для определения коэффициентов весомости методом предпочтений.
9. В чём заключается метод ранга?
10. Опишите методику использования метода ранга.
11. Какие аналитические выражения используются для определения коэффициентов весомости методом ранга?
12. В чём отличие метода предпочтений от метода ранга?
13. В каких случаях целесообразно использование метода предпочтений?
14. В каких случаях предпочтительно использование метода ранга?
15. По какому принципу показатели качества делят на наиболее и наименее значимые?
16. Опишите методику пересчёта коэффициентов весомости наиболее значимых показателей качества.
17. Приведите примеры наиболее и наименее значимых показателей качества телевизора.
18. Приведите примеры наиболее и наименее значимых показателей качества мягкой игрушки.
19. Приведите примеры наиболее и наименее значимых показателей качества роликовых коньков.
20. Приведите примеры наиболее и наименее значимых показателей качества сгущённого молока.
21. Приведите примеры наиболее и наименее значимых показателей качества питьевой воды.

## Практическая работа 7

### ЭКСПЕРТНЫЕ МЕТОДЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ КОЭФФИЦИЕНТОВ ВЕСОМОСТИ ЕДИНИЧНЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА. МЕТОДЫ ПОПАРНОГО СОПОСТАВЛЕНИЯ

**Цель работы:** получение практических навыков использования методов попарного сопоставления для определения коэффициентов весомости свойств конкретных объектов.

## Краткие теоретические сведения

Среди всех экспертных методов оценки коэффициентов весомости наиболее широкое распространение на практике получили *методы попарного сопоставления (первый, второй методы попарного сопоставления, а также метод полного попарного сопоставления)* [5], которые по сравнению с другими экспертными методами оценки характеризуются наиболее высоким уровнем достоверности получаемых результатов.

При использовании *первого метода попарного сопоставления* каждый эксперт в качестве исходного материала получает специальную матрицу, в которой по горизонтали и по вертикали обозначены все сравниваемые единичные показатели (табл. 7.1).

### 7.1. Матрица сопоставлений

№ показателя	1	2	...	<i>n</i>
1	×			
2		×		
...			×	
<i>n</i>				×

Эксперт № \_\_\_\_\_

Анализируя данную матрицу, эксперт на пересечении столбцов и строк для каждой из пар сравниваемых свойств должен выставить оценку 1, -1 или 0 в зависимости от определённой им важности (значимости) того или иного свойства. Более важному свойству ставится оценка 1, менее важному из данной пары сравниваемых свойств – оценка -1, равнозначным объектам – оценка 0.

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

$$M_i = \sum_{j=1}^m \frac{F_{ij}}{m}, \quad (7.1)$$

где  $F_{ij}$  – частота предпочтения  $j$ -м экспертом  $i$ -го объекта экспертизы, определяемая как

$$F_{ij} = \frac{K_{ij}}{C}, \quad (7.2)$$

где  $K_{ij}$  – число предпочтений  $j$ -м экспертом  $i$ -го объекта экспертизы;  $C$  – общее число суждений одного эксперта, связанное с числом объектов экспертизы  $n$  соотношением

$$C = \frac{n(n-1)}{2}. \quad (7.3)$$

Используя *второй метод попарного сопоставления*, эксперты сравнивают пары свойств и определяют преимущество одного из них над другими не с помощью специальной матрицы, а просто анализируя свойства и подчёркивая предпочтительное свойство в каждой из представленных им комбинаций:

свойство 1 – *свойство 2*

*свойство 7* – свойство 15

*свойство 4* – свойство 1 и т.д.

При этом расчётные формулы для определения коэффициентов весомости оцениваемых свойств объектов используются те же, что и в предыдущем случае.

*Метод полного попарного сопоставления* принципиально отличается от первого и второго методов попарного сопоставления методикой проведения опроса экспертов. Экспертам предлагается сопоставить не только пары 1–2; 1–3; 1–4; но и пары 2–1; 2–3 и т.д. Соответственно, каждое свойство сравнивается с другими в прямом (1–2) и обратном (2–1) порядке, что способствует повышению объективности оценки. В результате проведённых сравнений каждым экспертом заполняется и верхняя, и нижняя части матрицы (табл. 7.1). При этом расчётные формулы для определения коэффициентов весомости используются те же, что и при неполном попарном сопоставлении, за исключением формулы для определения параметра  $C$ , который в данном случае рассчитывается следующим образом:

$$C = n(n-1). \quad (7.4)$$

Сумма коэффициентов весомости, полученных методами попарного и полного попарного сопоставления, должна быть равна единице

$\left( \sum_{i=1}^n M_i = 1 \right)$ , что свидетельствует о достаточной точности экспертных

оценок.

### Порядок выполнения работы

1. Ознакомиться с теоретическими сведениями данной работы.
2. Сформировать экспертную группу.

3. Сравнить все показатели качества выбранного объекта экспертизы, используя первый метод попарного сопоставления. Для каждого эксперта заполнить верхнюю часть матрицы (табл. 7.1) и рассчитать коэффициенты весомости по формулам (7.1) – (7.3).

4. Сравнить все показатели качества выбранного объекта экспертизы, используя метод полного попарного сопоставления. Заполнить верхнюю и нижнюю части матрицы (табл. 7.1) и рассчитать коэффициенты весомости по формулам (7.1), (7.2) и (7.4).

5. Полученные коэффициенты весомости представить на графике.

6. Проанализировать полученные данные и сделать выводы по работе.

7. Ответить на контрольные вопросы.

### **Контрольные вопросы**

1. В чём преимущества методов попарного сопоставления и полного попарного сопоставления перед остальными методами определения коэффициентов весомости единичных показателей?

2. Какие разновидности метода попарного сопоставления вы знаете?

3. В чём заключается первый метод попарного сопоставления?

4. Приведите методику расчёта коэффициентов весомости первым методом попарного сопоставления.

5. В чём заключается второй метод попарного сопоставления?

6. Приведите методику расчёта коэффициентов весомости вторым методом попарного сопоставления.

7. В чём заключается метод полного попарного сопоставления?

8. Приведите методику расчёта коэффициентов весомости методом полного попарного сопоставления.

9. Приведите формулы для расчёта коэффициентов весомости методами попарного сопоставления (первым и вторым).

10. Приведите формулы для расчёта коэффициентов весомости методом полного попарного сопоставления.

11. Как определяется частота предпочтения  $j$ -м экспертом  $i$ -го объекта экспертизы?

12. Чем отличается первый метод попарного сопоставления от второго?

13. В чём принципиальное отличие первого и второго методов попарного сопоставления от метода полного попарного сопоставления?

14. Приведите внешний вид матрицы, которая используется при определении коэффициентов весомости методами попарного и полного попарного сопоставления.

15. Назовите достоинства первого метода попарного сопоставления.
16. Назовите недостатки первого метода попарного сопоставления.
17. Назовите достоинства второго метода попарного сопоставления.
18. Назовите недостатки второго метода попарного сопоставления.
19. Назовите достоинства метода полного попарного сопоставления.
20. Назовите недостатки метода полного попарного сопоставления.
21. Выполнение какого условия свидетельствует о достаточной точности экспертных оценок коэффициентов весомости?

## Практическая работа 8

### УТОЧНЕНИЕ ВЕСОВЫХ КОЭФФИЦИЕНТОВ МЕТОДОМ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОГО ПРИБЛИЖЕНИЯ

**Цель работы:** получение практических навыков использования метода последовательного приближения для уточнения коэффициентов весомости, полученных попарным сопоставлением.

#### Краткие теоретические сведения

Коэффициенты весомости, полученные экспертными методами, на практике подвергают дальнейшей обработке (уточнению) с целью получения более достоверного результата. Наиболее эффективным методом уточнения коэффициентов весомости является метод последовательного приближения [7], суть которого заключается в следующем.

Первоначальные результаты оценки (сумма предпочтений экспертов по каждому признаку) рассматриваются как первое приближение  $G_i(1)$ . Во втором приближении они используются как весовые коэффициенты  $G_i(2)$  суждений экспертов. Полученные с учётом этих весовых коэффициентов новые результаты в третьем приближении рассматриваются опять как весовые коэффициенты  $G_i(3)$  тех же мнений экспертов и т.д. Согласно теореме Перрона – Фробениуса, при определённых условиях, которые на практике всегда выполняются, этот процесс сходится, т.е. нормированные результаты измерений  $M_i$  или весовые коэффициенты стремятся к некоторым постоянным значениям, строго отражающим соотношения между объектами экспертизы при установленных экспертами исходных данных.

В данном способе предлагается предпочтение  $i$ -го показателя перед  $i^*$ -м выразить числом  $K_{ii^*} \geq 0$ , для исключения из рассмотрения отрица-

тельных чисел. При этом  $K_{ii^*}$  равно двум в случае предпочтения  $i$ -го объекта перед  $i^*$ -м; равным единице – при равноценности  $i$ -го и  $i^*$ -го показателей; равным 0 – при предпочтении  $i$ -го объекта перед  $i^*$ -м. В этом случае таблица, которую заполняют эксперты, несколько видоизменяется (табл. 8.1).

### 8.1. Сводная таблица

$i \backslash i^*$	1	2	...	$n$	$G_i(1)$	$M_i(1)$	$G_i(2)$	$M_i(2)$	...	$G_i(k)$	$M_i(k)$
1											
2											
...											
$n$											

Первоначальные результаты  $G_i(1)$  определяются формулой

$$G_i(1) = \sum_{i^*=1}^n K_{ii^*}, \quad (8.1)$$

а результаты измерения в  $k$ -м приближении будут равны

$$G_i(k) = G_i(k-1)K_{i1} + \dots + G_n(k-1)K_{in}. \quad (8.2)$$

Значения весовых коэффициентов в  $k$ -м приближении определяются как

$$M_i(k) = \frac{G_i(k)}{\sum_{i=1}^n G_i(k)}. \quad (8.3)$$

Значения весовых коэффициентов, полученных по формуле (8.3), будут значительно отличаться от их значений в 1-м приближении, так как в ходе уточнения все более подчёркивается предпочтительность одного и низкая значимость другого показателя. Процесс уточнения значений  $M_i$  продолжается до тех пор, пока точность не достигнет заданной. Так как с каждым приближением изменение  $M_i$  становится всё меньшим и меньшим, это условие можно записать в виде

$$|M_i(k) - M_i(k-1)| \leq \varepsilon, \quad (8.4)$$

где  $\varepsilon$  – точность приближения.

## Порядок выполнения работы

1. Ознакомиться с теоретическими сведениями данной работы.
2. Выполнить уточнение весовых коэффициентов, полученных в ходе практического занятия 7, методом последовательного приближения до точности 0,01. Результаты уточнения занести в табл. 8.1.
3. Проанализировать полученные данные и сделать выводы по работе.
4. Ответить на контрольные вопросы.

## Контрольные вопросы

1. С какой целью применяют методы уточнения коэффициентов весомости?
2. Можно ли выполнять уточнение коэффициентов весомости, полученных аналитическим путём?
3. Можно ли выполнять уточнение коэффициентов весомости, полученных экспертными методами?
4. Какие методы уточнения коэффициентов весомости вы знаете?
5. В чём заключается метод последовательных приближений?
6. Сформулируйте теорему Перрона – Фробениуса.
7. Приведите общий вид матрицы, которую заполняют эксперты при использовании метода последовательных приближений.
8. Почему метод последовательных приближений получил такое название?
9. Приведите формулы, лежащие в основе метода последовательных приближений.
10. До каких пор необходимо выполнять процесс уточнения коэффициентов весомости?
11. Как обеспечить требуемую точность уточнения коэффициентов весомости методом последовательных приближений?
12. Приведите условие достижения заданной точности приближения?
13. Какие значения может принимать коэффициент  $\epsilon$ ?
14. Применим ли метод последовательного приближения для коэффициентов весомости, полученных методом предпочтения?
15. Применим ли метод последовательного приближения для коэффициентов весомости, полученных методом ранга?
16. Применим ли метод последовательного приближения для коэффициентов весомости, полученных первым методом попарного сопоставления?

17. Применим ли метод последовательного приближения для коэффициентов весомости, полученных вторым методом попарного сопоставления?

18. Применим ли метод последовательного приближения для коэффициентов весомости, полученных методом полного попарного сопоставления?

19. Чем отличаются экспертные матрицы, используемые в методах попарного сопоставления и последовательного приближения?

20. Назовите достоинства метода последовательных приближений.

21. Назовите недостатки метода последовательных приближений.

## Практическая работа 9

### МЕТОДЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ КОМПЛЕКСНОГО ПОКАЗАТЕЛЯ КАЧЕСТВА ПРОДУКЦИИ. КОМПЛЕКСИРОВАНИЕ ПО ТРЁХУРОВНЕВОЙ ШКАЛЕ

**Цель работы:** изучить методику оценки уровня качества продукции, используя трёхуровневые шкалы.

#### Краткие теоретические сведения

Комплексирование по трёхуровневой шкале применяют в тех случаях, когда определение числовых значений единичных показателей качества сложно и дорого.

В этом случае экспертным методом определяют уровень единичных показателей качества: высокий – В, средний – С, низкий – Н.

При определении комплексного показателя качества в качестве исходной предпосылки принимают, что при высоком уровне всех единичных показателей качества числовое значение комплексного показателя должно равняться 1; при среднем уровне всех единичных показателей – 0,5; при низком уровне единичных показателей – 0.

Значение комплексного показателя качества при комплексировании по трёхуровневой шкале определяют по формуле [5]:

$$Q = 1 - \frac{n_H}{n} - 0,5 \frac{n_C}{n}, \quad (9.1)$$

где  $n_H$  и  $n_C$  – число единичных показателей низкого и среднего уровня, соответственно;  $n$  – число единичных показателей.

При различных коэффициентах весомости единичных показателей значение комплексного показателя качества определяют по следующей формуле:

$$Q = 1 - \sum_{i=1}^{n_H} M_i^H - 0,5 \sum_{i=1}^{n_C} M_i^C, \quad (9.2)$$

где  $M_i^H$  и  $M_i^C$  – коэффициенты весомости единичных показателей качества низкого и среднего уровня, соответственно.

В комплексных показателях качества низкие значения одних единичных показателей могут компенсироваться высокими значениями других. Например, специально проведённые исследования и многолетние наблюдения установили, что одежда и обувь отечественного производства в целом более долговечна и прочна, чем импортная. Высокие эстетические показатели качества в данном случае компенсируют низкие показатели надёжности и долговечности.

В то же время недопустимо компенсировать значения главных показателей качества высокими значениями второстепенных. Для исключения такой возможности комплексный показатель качества умножают на так называемый *коэффициент вето*  $\varphi(P_i)$  [5]:

$$Q_\varphi = Q \varphi(P_i). \quad (9.3)$$

Коэффициент вето – это функция, которая при выходе любого из важнейших единичных показателей за допустимые (установленные нормативно-технической документацией) пределы обращается в нуль. Во всех остальных случаях коэффициент вето  $\varphi(P_i)$  остаётся равным единице. Формально это записывают так:

$$\varphi(P_i) = \begin{cases} 1, & \text{если } P_{i_{\min}} < P_i < P_{i_{\max}} \text{ для всех } i = 1, \dots, n; \\ 0, & \text{если } P_i > P_{i_{\max}} \text{ или } P_i < P_{i_{\min}} \text{ хотя бы для одного } i, \end{cases} \quad (9.4)$$

где  $P_i$  – значения наиболее важных единичных показателей;  $P_{i_{\min}}$ ,  $P_{i_{\max}}$  – минимальные и максимальные значения наиболее важных единичных показателей качества, установленные нормативно-технической документацией.

При использовании коэффициента вето комплексный показатель качества падает до нуля, если значение хотя бы одного из важнейших единичных показателей качества выходит за допустимые границы.

## Порядок выполнения работы

1. Ознакомиться с теоретическими сведениями данной работы.
2. Сформировать экспертные группы из  $m$  экспертов и выбрать объект экспертизы.
3. Выделить у объекта экспертизы наиболее важные единичные показатели качества и определить их коэффициенты весомости одним из известных способов.
4. Выявить единичные показатели, для которых целесообразно использование коэффициента вето и определить их минимальные  $P_{i_{\min}}$  и максимальные  $P_{i_{\max}}$  значения, указанные в нормативно-технической документации.
5. Оценить все единичные показатели по трёхуровневой шкале и рассчитать комплексный показатель качества  $Q_j$  для каждого эксперта, учитывая коэффициент вето. Полученные результаты занести в табл. 9.1.
6. Вычислить среднее значение комплексного показателя качества  $Q = \sum_{j=1}^m Q_m$  по всем экспертам.
7. Проанализировать полученные данные и сделать выводы по работе.
8. Ответить на контрольные вопросы.

**9.1. Сводная таблица**

№ показателя качества № эксперта	1	2	...	$i$	...	$n$	$Q_j$
1							
2							
...							
$j$							
...							
$m$							
$M_i$							

## Контрольные вопросы

1. Какие методы комплексного показателя качества вы знаете?
2. В чём заключается метод определения комплексного показателя качества по трёхуровневой шкале?
3. В каких случаях целесообразно рассчитывать комплексный показатель качества по трёхуровневой шкале?
4. Чему равен комплексный показатель качества при комплексировании по трёхуровневой шкале, если все единичные показатели качества находятся на высоком уровне?
5. Чему равен комплексный показатель качества при комплексировании по трёхуровневой шкале, если все единичные показатели качества находятся на среднем уровне?
6. Чему равен комплексный показатель качества при комплексировании по трёхуровневой шкале, если все единичные показатели качества находятся на низком уровне?
7. Приведите формулы для расчёта комплексного показателя качества при одинаковых коэффициентах весомости единичных показателей качества.
8. Приведите формулы для расчёта комплексного показателя качества при различных коэффициентах весомости единичных показателей качества.
9. Назовите достоинства метода определения комплексного показателя качества по трёхуровневой шкале.
10. Назовите недостатки метода определения комплексного показателя качества по трёхуровневой шкале.
11. Что собой представляет коэффициент вето?
12. С какой целью используют коэффициент вето?
13. Какие значения может принимать коэффициент вето?
14. При каком условии коэффициент вето равен единице?
15. При каком условии коэффициент вето равен нулю?
16. Каким образом определяются допустимые минимальные и максимальные значения наиболее важных единичных показателей качества?
17. Приведите формулу для определения комплексного показателя качества с использованием коэффициента вето.
18. Для каких единичных показателей качества детских игрушек целесообразно использование коэффициента вето?
19. Для каких единичных показателей качества молочной продукции целесообразно использование коэффициента вето?
20. Для каких единичных показателей качества бытовой техники целесообразно использование коэффициента вето?
21. Для каких единичных показателей качества измерительных приборов целесообразно использование коэффициента вето?

# ЛАБОРАТОРНЫЕ РАБОТЫ

---

## Лабораторная работа 1

### МЕТОДЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ КОМПЛЕКСНОГО ПОКАЗАТЕЛЯ КАЧЕСТВА ПРОДУКЦИИ. ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫЙ МЕТОД

**Цель работы:** изучить методику оценки уровня качества дифференциальным методом.

#### Краткие теоретические сведения

Для количественной оценки качества продукции используется относительная характеристика (комплексный показатель качества), основанная на сравнении совокупности показателей качества оцениваемой продукции с соответствующей совокупностью базовых показателей. В качестве базовых значений, как правило, используются значения показателей, установленные в стандартах или полученные аналитическими методами.

В зависимости от способа сравнения показателей качества оцениваемой продукции с базовыми показателями различают следующие методы определения комплексного показателя качества: *дифференциальный, комплексный и смешанный*.

*Дифференциальный метод* оценки качества – это, в первую очередь, квалификационный метод, который позволяет оценивать по таким категориям качества, как «превосходит», «соответствует» или «не соответствует» определённый уровень качества аналогичных изделий. В то же время при дифференцированном методе оценки качества продукции количественно оцениваются отдельные свойства изделия, что позволяет принимать конкретные решения по управлению качеством заданной продукции.

При дифференцированном методе оценки качества продукции рассчитывают уровни единичных и (или) обобщённых показателей свойств по формулам

$$K_i = P_i / P_i^{\text{баз}} \quad (1.1)$$

или

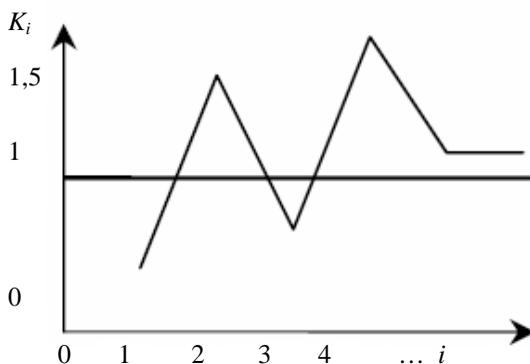
$$K_i = P_i^{\text{баз}} / P_i, \quad (1.2)$$

где  $P_i$  – значение  $i$ -го показателя качества оцениваемой продукции;  
 $P_i^{\text{баз}}$  – базовое значение  $i$ -го показателя качества.

Формула (1.1) используется, когда увеличение абсолютного значения показателя качества соответствует улучшению качества продукции (например, производительность, чувствительность, точность, срок службы, коэффициент полезного действия и др.).

Формула (1.2) используется тогда, когда улучшению качества продукции соответствует уменьшение абсолютного значения показателя качества (например, масса, расход топлива, потребляемая мощность, содержание вредных примесей, трудоёмкость обслуживания и др.).

Результаты сравнительной оценки качества дифференциальным методом по нескольким показателям могут быть представлены графически (рис. 1.1).



**Рис. 1.1.** Дифференциальный метод оценки качества продукции

При использовании дифференциального метода оценки уровня качества могут возникать различные ситуации.

Уровень качества оцениваемой продукции не ниже базового в тех случаях, если:

- все относительные показатели больше единицы;
- все относительные показатели равны единице;
- часть относительных показателей больше единицы, а остальные равны единице.

Уровень качества будет ниже базового образца (эталона) при следующих результатах сравнения:

- все остальные показатели меньше единицы;
- часть относительных показателей меньше единицы, а остальные равны единице.

Однозначный вывод об уровне качества сложно сделать, если часть относительных показателей больше или равна единице, а часть – меньше. В таком случае необходимо все анализируемые показатели разделить по значимости на две группы. В первую группу следует включить показатели, определяющие наиболее существенные свойства продукции, а в другую – второстепенные. Если при этом в первой группе все относительные показатели больше или равны единицы, а во второй большая часть показателей также не меньше единицы, то можно сказать, что уровень качества оцениваемой продукции не ниже базового образца. В противном случае следует прибегать к методу комплексной оценки.

Ограничение для применения дифференциального метода оценки уровня качества состоит в трудности принятия решения по значениям многих единичных показателей качества.

### **Порядок выполнения работы**

1. Ознакомиться с теоретическими сведениями данной работы.
2. Сформировать экспертные группы из 5 – 7 человек и выбрать объект исследования.
3. Используя методики, освоенные на предыдущих занятиях, определить номенклатуру единичных показателей качества.
4. Измерить единичные показатели качества инструментальным и экспертным методами. На основании полученных результатов заполнить табл. 1.1.
5. Определить уровень качества объекта экспертизы и представить результаты сравнительной оценки качества дифференциальным методом в виде графика (рис. 1.1).
6. Проанализировать полученные результаты и сделать выводы по работе.
7. Ответить на контрольные вопросы.

#### **1.1. Сводная таблица результатов**

Номер единичного показателя	Числовые значения единичных показателей		Результаты сравнительной оценки
	исследуемое	базовое	
1			
2			
...			
<i>n</i>			

## Контрольные вопросы

1. Какие количественные характеристики качества продукции вы знаете?
2. Какие существуют методы определения комплексного показателя качества продукции?
3. Как определяются базовые значения показателей качества?
4. В чём заключается дифференциальный метод определения комплексного показателя качества?
5. Назовите достоинства дифференциального метода определения комплексного показателя качества.
6. Какие недостатки присущи дифференциальному методу определения комплексного показателя качества.
7. Как рассчитываются уровни единичных и обобщённых показателей качества, если увеличение абсолютного значения показателя качества соответствует улучшению качества продукции?
8. Как рассчитываются уровни единичных и обобщённых показателей качества, если увеличение абсолютного значения показателя качества соответствует ухудшению качества продукции?
9. Приведите примеры показателей качества, увеличение абсолютных значений которых соответствует улучшению качества продукции?
10. Приведите примеры показателей качества, увеличение абсолютных значений которых соответствует ухудшению качества продукции?
11. Опишите ситуации, которые могут возникать при использовании дифференциального метода?
12. В каких случаях можно считать, что уровень качества продукции ниже базового?
13. В каких случаях можно считать, что уровень качества продукции выше базового?
14. С какой целью разделяют показатели качества на существенные и второстепенные?
15. Приведите примеры существенных и второстепенных показателей качества автомобиля.
16. Приведите примеры существенных и второстепенных показателей качества телевизора.
17. Приведите примеры существенных и второстепенных показателей качества шоколадных конфет.
18. Приведите примеры существенных и второстепенных показателей качества кроссовок.

19. Какие ограничения накладываются на использование дифференциального метода?

20. Какие измерительные приборы были использованы в ходе выполнения лабораторной работы?

21. Опишите порядок и ход выполнения лабораторной работы.

## Лабораторная работа 2

### МЕТОДЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ КОМПЛЕКСНОГО ПОКАЗАТЕЛЯ КАЧЕСТВА ПРОДУКЦИИ. КОМПЛЕКСНЫЙ МЕТОД

**Цель работы:** изучить методику оценки уровня качества продукции комплексным методом.

#### Краткие теоретические сведения

*Комплексный метод* оценки качества предусматривает использование комплексных показателей совокупностей свойств. Этот метод применяют в тех случаях, когда надо наиболее точно оценивать качество сложных изделий. Необходимость «свёртки» всех отдельных показателей качеств с целью получения одного комплексного показателя определяется практической целесообразностью.

При использовании комплексного метода уровень качества определяется отношением  $Q_{об}$  обобщённого показателя качества оцениваемой продукции к базовому  $Q_{баз}$  показателю качества, т.е.

$$Q = Q_{об} / Q_{баз} \cdot \quad (2.1)$$

За базовое  $Q_{баз}$  значение показателя качества принимается либо значение, указанное в нормативной документации, либо комплексный показатель качества образца продукции, принятого за эталон.

Если в документации указаны базовые значения единичных показателей качества объекта исследования и отсутствуют данные о величине комплексного показателя, целесообразно осуществлять переход от абсолютных значений единичных показателей к относительным (безразмерным). В этом случае базовая величина  $Q_{баз}$  комплексного показателя качества примет значение  $Q_{баз} = 1$ .

Существует несколько способов перехода от абсолютных показателей к относительным. Каждый из них находит применение в зависимости от

характера количественного показателя и установленного варианта нормирования. Рассмотрим три наиболее вероятных варианта нормирования и соответствующие им способы построения относительных показателей.

*В первом случае* для абсолютной количественной характеристики проводится нормирование только по двум градациям: на сортную и несортную (брак). Решение о переводе в ту или иную категорию принимается на основе сравнения фактической величины  $P_i$  единичного показателя с некоторым нормативом  $P_{\text{баз}}$ . Этот норматив задаётся либо минимально допустимым значением  $P_{\text{min}}$  для позитивного показателя, либо максимально допустимым значением  $P_{\text{max}}$  для негативного показателя. Условие соответствия продукции может быть задано в виде

$$\begin{cases} P_i \geq P_{\text{min}} & \text{или} & P_i \leq P_{\text{max}}; \\ P_i \geq P_{\text{min}} & \text{и} & P_i \leq P_{\text{max}}. \end{cases} \quad (2.2)$$

В этом случае относительный показатель  $q_i$  обращается в единицу при выполнении условия (2.2) и обращается в ноль при его несоблюдении:

$$\begin{cases} q_i = 1 & \text{при} & P_i \geq P_{\text{min}} & \text{и} & P_i \leq P_{\text{max}}; \\ q_i = 0 & \text{при} & P_i \leq P_{\text{min}} & \text{и} & P_i \geq P_{\text{max}}. \end{cases} \quad (2.3)$$

*Во втором случае* для абсолютной количественной характеристики проводится нормирование по большому количеству градаций, вплоть до увеличения их количества до бесконечности, что равносильно непрерывной оценке. В этом случае вычисление относительных показателей осуществляется по формуле

$$q_i = \left( \frac{P_i}{P_{\text{баз}}} \right)^{\text{sgn} \Delta P_i}, \quad (2.4)$$

где  $\text{sgn} \Delta P_i$  – сигнум-функция от  $\Delta P_i$ , т.е.

$$\text{sgn} \Delta P_i = \begin{cases} +1, & \text{если } \Delta P_i = P_{\text{луч}} - P_{\text{худ}} > 0 \text{ – позитивный показатель,} \\ -1, & \text{если } \Delta P_i = P_{\text{луч}} - P_{\text{худ}} < 0 \text{ – негативный показатель;} \end{cases} \quad (2.5)$$

$P_{\text{баз}}$  – номинальное (базовое) значение единичного показателя качества.

Относительный показатель, определяемый по выражению (2.4), меняется в пределах от нуля до единицы, и чем ближе полученное значение к единице, тем более высокий уровень качества имеет исследуемый показатель. Выражение (2.4) можно применять в большинстве ситуаций оценивания.

В третьем случае относительные (дифференциальные) показатели определяются с учётом ограничений (допусков) на предельные значения показателей. Например, при контроле диаметра нихромовой проволоки, вырабатываемой диаметром 0,3 мм, установлено предельное отклонение  $\pm 0,003$  мм. Значение дифференциального показателя при фактическом диаметре, равном 0,299 мм, можно определить по формуле

$$q_i = 1 - \frac{P_{\text{баз}} - P_i}{P_{\text{баз}} - P_{\text{пр1}}} = 1 - \frac{0,3 - 0,299}{0,3 - 0,297} = 0,666, \quad (2.6)$$

где  $P_{\text{баз}}$  – номинальное значение диаметра;  $P_i$  – фактическое значение диаметра;  $P_{\text{пр1}}$  – предельное значение диаметра снизу (определяется вычитанием предельного отклонения из номинального значения).

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

$$q_i = 1 - \frac{P_i - P_{\text{баз}}}{P_{\text{пр2}} - P_{\text{баз}}}, \quad (2.7)$$

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

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

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

После перехода от абсолютных показателей к относительным единичным показателям для комплексной оценки качества продукции по формуле (2.1) необходимо определить значение обобщенного  $Q_{\text{об}}$  комплексного показателя. Для этого могут быть использованы *объективные* и *субъективные* методы оценки. Объективные методы предполагают наличие между комплексным показателем качества продукции и его единичными показателями функциональной связи, на основании которой определяется значение  $Q_{\text{об}}$ :

$$Q_{\text{об}} = f(n, q_i, M_i), \quad (2.8)$$

где  $n$  – число единичных показателей;  $M_i$  – коэффициент весомости  $i$ -го показателя.

Вид зависимости (2.8) может определяться любым из возможных методов, в том числе и экспертным. В качестве обобщённого может использоваться интегральный показатель качества, показывающий величину полезного эффекта от эксплуатации или потребления продукции, который приходится на каждый рубль суммарных затрат на её создание, эксплуатацию или потребление.

Функциональный способ нахождения комплексного показателя качества предпочтительнее, но не всегда возможен по ряду причин. Одна из них состоит в том, что получить функциональную зависимость, учитывающую большое число единичных показателей качества, практически очень сложно. Если комплексный показатель качества невозможно выразить через единичные с помощью *объективной* функциональной зависимости, применяют *субъективный* способ образования комплексных показателей *по принципу среднего взвешенного*. Субъективным в этом случае является лишь *выбор логики усреднения*, сам же комплексный показатель – объективная количественная характеристика качества объекта. При использовании субъективного метода комплексный показатель качества  $\overset{\Sigma}{\tilde{Q}}$  определяют по формуле

$$\overset{\Sigma}{\tilde{Q}} = \sqrt[\varphi]{\frac{\sum_{i=1}^n M_i q_i^{M_i}}{\sum_{i=1}^n M_i}}, \quad (2.9)$$

где  $\varphi$  – параметр логики усреднения.

Задавая разные значения  $\varphi$ , получаем разные виды средних взвешенных комплексных показателей. Виды средних взвешенных комплексных показателей и выражения для их расчёта приведены в табл. 2.1.

## 2.1. Формулы для расчёта комплексных показателей

Наименование комплексного показателя	Параметр логики усреднения	Математическое выражение
Среднее гармоническое взвешенное	$\varphi = -1$	$\tilde{Q} = \frac{\sum_{i=1}^n M_i}{\sum_{i=1}^n \frac{M_i}{q_i}}$ (2.10)

Наименование комплексного показателя	Параметр логики усреднения	Математическое выражение
Среднее геометрическое взвешенное	$\varphi = 0$	$\bar{Q} = \left( \prod_{i=1}^n q_i^{M_i} \right) \frac{1}{\sum_{i=1}^n M_i} \quad (2.11)$
Среднее арифметическое взвешенное	$\varphi = 1$	$\hat{Q} = \frac{\sum_{i=1}^n M_i q_i}{\sum_{i=1}^n M_i} \quad (2.12)$
Среднее квадратическое взвешенное	$\varphi = 2$	$\bar{Q} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n M_i q_i^2}{\sum_{i=1}^n M_i}} \quad (2.13)$

В экспертных методах весовые коэффициенты единичных показателей качества чаще всего удовлетворяют условию  $\sum_{i=1}^n M_i = 1$ , поэтому формулы (2.10) – (2.13) могут быть преобразованы к виду

$$\tilde{Q} = \frac{1}{\sum_{i=1}^n \frac{M_i}{q_i}}; \quad (2.14)$$

$$\bar{Q} = \prod_{i=1}^n q_i^{M_i}; \quad (2.15)$$

$$\hat{Q} = \sum_{i=1}^n M_i q_i; \quad (2.16)$$

$$\bar{Q} = \sqrt{\sum_{i=1}^n M_i q_i^2}. \quad (2.17)$$

Вид среднего взвешенного комплексного показателя ( $\tilde{Q}$ ,  $\overline{\overline{Q}}$ ,  $\hat{Q}$ ,  $\overline{Q}$ ) выбирается для каждого конкретного случая в зависимости от характеристик оцениваемой продукции и условий её применения.

Наиболее широко в квалиметрии используются средний арифметический и средний квадратический показатели, позволяющие оценить качество однородной продукции с небольшим разбросом слагаемых  $\left( \sum_{i=1}^n M_i q_i \right)$ . При значительном разбросе слагаемых целесообразно использовать средний гармонический взвешенный показатель, а при оценке качества разнородной продукции – средний геометрический.

### Порядок выполнения работы

1. Ознакомиться с теоретическими сведениями данной работы.
2. Сформировать экспертные группы из 5 – 7 человек и выбрать объект исследования.
3. Используя методики, освоенные на предыдущих занятиях, определить номенклатуру единичных показателей качества и их коэффициенты весомости.
4. Измерить единичные показатели качества инструментальным и экспертным методами. Перевести значения единичных показателей в безразмерную форму. Рассчитать значения среднего арифметического  $\hat{Q}$ , среднего геометрического  $\overline{Q}$ , среднего гармонического  $\tilde{Q}$  и среднего квадратического  $\overline{\overline{Q}}$  показателей качества. На основании полученных данных заполнить табл. 2.2.

### 2.2. Сводная таблица результатов

№	Единичный показатель качества	$P_i$	$q_i$	$M_i$
1				
2				
...				
$n$				
$\tilde{Q}$				
$\overline{\overline{Q}}$				
$\hat{Q}$				
$\overline{Q}$				

5. Проанализировать полученные значения  $\tilde{Q}$ ,  $\overline{Q}$ ,  $\hat{Q}$ ,  $\bar{Q}$  и построить сравнительный график.
6. Сделать выводы по работе.
7. Ответить на контрольные вопросы.

### Контрольные вопросы

1. В чём заключается комплексный метод измерения качества продукции?
2. В каких случаях целесообразно использовать комплексный метод оценки качества продукции?
3. Каким образом задаются базовые значения единичных и комплексных показателей качества?
4. В чём преимущества представления единичных показателей качества в безразмерной форме?
5. Назовите способы перевода абсолютных показателей качества в относительные.
6. В каких случаях для абсолютной количественной характеристики продукции целесообразно использовать нормирование по двум градациям (сортная и несортная)?
7. При выполнении каких условий продукция может быть отнесена к сортной или несортной?
8. Какие числовые значения может принимать относительный показатель качества при нормировании по двум градациям (сортная и несортная)?
9. Какое значение принимается за норматив для позитивного показателя качества при разделении продукции на сортную и несортную?
10. Какое значение принимается за норматив для негативного показателя качества при разделении продукции на сортную и несортную?
11. В каких случаях для абсолютной количественной характеристики продукции целесообразно использовать нормирование по большому количеству градаций?
12. Приведите математические выражения, которые используются при нормировании по большому количеству градаций.
13. Какие числовые значения может принимать относительный показатель качества при нормировании по большому количеству градаций?
14. В каких случаях для абсолютной количественной характеристики продукции используют нормирование с учётом ограничений (допусков) на предельные значения показателей?

15. Приведите формулы для нахождения дифференциального показателя, если его значения выше номинального и имеется ограничение сверху.

16. Приведите формулы для нахождения дифференциального показателя, если его значения ниже номинального и имеется ограничение снизу.

17. Какие числовые значения может принимать относительный показатель качества при нормировании с учётом ограничений (допусков)?

18. Назовите методы определения обобщённого комплексного показателя качества.

19. Назовите виды средних взвешенных комплексных показателей и приведите формулы для их расчёта.

20. В каких случаях для оценки качества продукции целесообразно использовать средние арифметические, средние квадратические, средние геометрические и средние гармонические взвешенные показатели?

21. Опишите порядок и ход выполнения работы.

### Лабораторная работа 3

#### МЕТОДЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ КОМПЛЕКСНОГО ПОКАЗАТЕЛЯ КАЧЕСТВА ПРОДУКЦИИ. СМЕШАННЫЙ МЕТОД

**Цель работы:** изучить методику оценки уровня качества продукции смешанным методом.

#### Краткие теоретические сведения

При оценке сложной продукции, имеющей широкую номенклатуру показателей качества с помощью дифференциального метода практически невозможно сделать конкретный вывод, а использование только комплексного метода не позволяет учесть все значимые свойства оцениваемой продукции. В таких случаях для оценки уровня качества продукции применяют смешанный метод.

При использовании смешанного метода качество продукции представляется в виде иерархического «дерева свойств», в котором единичные показатели качества объединены в номенклатурные группы (например, показатели назначения, эргономические, эстетические). Для каждой номенклатурной группы определяют комплексный показатель по принципу среднего взвешенного, используя формулы (2.10) – (2.13). При этом отдельные, наиболее важные показатели не объединяют в группы, а исполь-

зуют как единичные. С помощью полученной совокупности комплексных и единичных показателей оценивают уровень качества продукции дифференциальным методом, сравнивая полученные показания с их базовыми значениями  $Q_{\text{баз}}$ .

В качестве базовых значений  $Q_{\text{баз}}$ , как правило, используются значения показателей, установленные в стандартах и нормативной документации. В том случае, если все единичные показатели качества представлены в безразмерной форме, базовые показатели качества номенклатурных групп принимают значение  $Q_{\text{баз}} = 1$ .

Применение смешанного метода предполагает выполнение следующих условий:

а) для всех единичных показателей должны быть определены коэффициенты весомости, при этом их сумма внутри каждой номенклатурной группы должна быть постоянной и заранее заданной:

$$\sum_{i=1}^n M_i = 1 ; \quad (3.1)$$

б) все единичные показатели качества продукции должны быть представлены в безразмерной форме.

### Порядок выполнения работы

1. Ознакомиться с теоретическими сведениями данной работы.
2. Сформировать экспертные группы из 5 – 7 человек и выбрать объект исследования.

3. Определить единичные показатели качества объекта экспертизы, объединить их в номенклатурные группы и построить иерархическое дерево свойств.

4. Используя методики, освоенные на предыдущих занятиях, разработать измерительные шкалы всех единичных показателей качества, определить их базовые значения  $P_{\text{баз}}$  и коэффициенты весомости  $M_i$ , которые должны удовлетворять условию (3.1).

5. Определить значения  $P_i$  единичных показателей качества инструментальными и экспертными методами. Перевести полученные значения в безразмерную форму.

6. Рассчитать средние взвешенные комплексные показатели качества для каждой номенклатурной группы  $Q_i$  и на основании полученных данных заполнить табл. 3.1.

### 3.1. Сводная таблица результатов

№	Единичные показатели качества	$P_i$ (в безразмерной форме)	$M_i$	$Q_i$
I	Показатели назначения		1	
1	...			
2	...			
...	...			
II	Показатели надёжности		1	
1	...			
2	...			
...	...			
...	...	...	...	...
X	Экологические показатели		1	
1				
2				
...				

7. Сравнить полученные единичные показатели качества (для наиболее важных свойств, не объединённых в группы) и комплексные показатели качества всех номенклатурных групп с их базовыми значениями. Сделать вывод об уровне качества объекта экспертизы и представить результаты сравнительной оценки в виде графика.

8. Проанализировать полученные данные и сделать выводы по работе.
9. Ответить на контрольные вопросы.

#### Контрольные вопросы

1. В чём заключается смешанный метод измерения качества продукции?
2. В чём преимущество смешанного метода перед дифференциальными и комплексными методами?
3. Опишите методику оценки качества продукции смешанным методом.
4. Какие вы знаете номенклатурные группы, в которые целесообразно объединять единичные показатели при использовании смешанного метода?

5. Приведите примеры единичных показателей качества, которые могут быть отнесены к группе показателей назначения.

6. Приведите примеры единичных показателей качества, которые могут быть отнесены к группе показателей надёжности.

7. Приведите примеры единичных показателей качества, которые могут быть отнесены к группе показателей технологичности.

8. Приведите примеры единичных показателей качества, которые могут быть отнесены к группе показателей унификации.

9. Приведите примеры единичных показателей качества, которые могут быть отнесены к группе патентно-правовых показателей.

10. Приведите примеры единичных показателей качества, которые могут быть отнесены к группе эргономических показателей.

11. Приведите примеры единичных показателей качества, которые могут быть отнесены к группе эстетических показателей.

12. Приведите примеры единичных показателей качества, которые могут быть отнесены к группе показателей транспортабельности.

13. Приведите примеры единичных показателей качества, которые могут быть отнесены к группе показателей безопасности.

14. Приведите примеры единичных показателей качества, которые могут быть отнесены к группе экологических показателей.

15. Приведите примеры показателей качества, которые при использовании смешанного метода можно не включать в номенклатурные группы и использовать как единичные.

16. Какие значения единичных и комплексных показателей качества принимаются за базовые?

17. Какие значения принимают базовые показатели качества в том случае, когда все единичные показатели представлены в безразмерной форме?

18. При каких условиях может использоваться смешанный метод оценки комплексного показателя качества продукции?

19. Может ли использоваться смешанный метод определения комплексного показателя качества продукции, если коэффициенты весомости единичных показателей не определены?

20. Может ли сумма коэффициентов весомости внутри каждой номенклатурной группы принимать значения  $\sum_{i=1}^n M_i > 1$  или  $\sum_{i=1}^n M_i < 1$ ?

21. Опишите порядок и ход выполнения работы.

## КОМПЛЕКСНАЯ ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ПРОДУКЦИИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ФУНКЦИИ ЖЕЛАТЕЛЬНОСТИ

**Цель работы:** изучить методику оценки уровня качества продукции на основе определения комплекса показателей желательности.

### Краткие теоретические сведения

Показатели желательности – безразмерные характеристики качества, изменяющиеся в пределах от нуля до единицы при любом диапазоне изменения размерных показателей качества  $P_i$ . Вычисляют показатели желательности  $q_i$  каждого  $i$ -го единичного показателя с помощью вспомогательных показателей  $y_i$  по следующим формулам:

$$q_i = \exp[-1/y_i] = \frac{1}{e^{1/y_i}} - \text{для } 0 < y_i < \infty; \quad (4.1)$$

$$q_i = \exp[-(1/\exp(y_i))] = \frac{1}{e^{1/e^{y_i}}} - \text{для } -\infty < y_i < \infty. \quad (4.2)$$

Размерные значения  $P_i$  натуральных показателей качества пересчитывают в безразмерные вспомогательные показатели  $y_i$  по формуле

$$y_i = a_0 + a_1 P_i \quad (4.3)$$

или

$$y_i = a_0 + a_1 P_i + a_2 P_i^2. \quad (4.4)$$

Для нахождения коэффициентов  $a_0$ ,  $a_1$  необходимо иметь нормативные значения показателей желательности  $q_i$ , значения безразмерных показателей  $y_i$ , а также значения размерных показателей  $P_i$  для двух уровней градаций качества. Для определения коэффициентов  $a_0$ ,  $a_1$  и  $a_2$  необходимо иметь нормативные данные для трёх уровней градаций качества.

Значения функции  $y_i$  и коэффициенты  $a_0$ ,  $a_1$  и  $a_2$  определяются в зависимости от того, какие значения  $q_i$  заданы для основных уровней качества (см. вариант 1 и вариант 2 табл. 4.1).

**Пример.** Для орехов лещины нормируется масса 100 шт.: первый сорт – не менее 100 г, второй – не менее 60 г. Примем для вычисления коэффициентов  $a_0$ ,  $a_1$  и  $a_2$  нормативные данные второго варианта (табл. 4.1); предположим, что первый сорт соответствует уровню «отлично», а второй сорт – уровню «удовлетворительно».

#### 4.1. Значения показателей желательности $q_i$ и соответствующих безразмерных вспомогательных показателей $y_i$

Градация качества	Значения показателей $y$ при различных значениях $q_i$					
	1 вариант			2 вариант		
	$q_i$	для формулы		$q_i$	для формулы	
		(4.3)	(4.4)		(4.3)	(4.4)
Отлично	$\geq 0,80$	$\geq 4,50$	$\geq 1,50$	$\geq 0,80$	$\geq 4,50$	$\geq 1,50$
Хорошо	$\geq 0,63$	$\geq 2,18$	$\geq 0,77$	$\geq 0,60$	$\geq 1,96$	$\geq 0,67$
Удовлетворительно	$\geq 0,37$	$\geq 1,00$	$\geq 0,00$	$\geq 0,20$	$> 0,62$	$> - 0,48$
Плохо	$< 0,37$	$< 1,00$	$< 0,00$	0,00	0,00	$\leq - 2,00$

Подставляя имеющиеся данные в уравнение (4.3), получим систему уравнений вида

$$\begin{cases} 4,50 = a_0 + 100a_1; \\ 0,62 = a_0 + 60a_1. \end{cases} \quad (4.5)$$

Решая систему (4.5), получим  $a_0 = -5,2$ ;  $a_1 = 0,097$ . Подставив фактические данные (масса 100 шт. равна 80 г) в уравнения (4.3) и (4.1), получим, что показатель желательности  $q_i = 0,67$ , а это соответствует уровню качества «хорошо».

Аналогично находят значения  $q_i$  для остальных выбранных единичных показателей.

После перевода натуральных значений единичных показателей в безразмерные находят значение комплексного показателя качества в виде обобщенной функции желательности, рассчитываемой по одному из способов усреднения с помощью формул:

$$\hat{Q} = \sum_{i=1}^n M_i q_i, \quad (4.6)$$

$$\bar{Q} = \prod_{i=1}^n q_i^{M_i}, \quad (4.7)$$

$$\tilde{Q} = \frac{1}{\sum_{i=1}^n \frac{M_i}{q_i}}, \quad (4.8)$$

$$\bar{Q} = \sqrt[n]{\sum_{i=1}^n M_i q_i}. \quad (4.9)$$

По данным табл. 4.1 (1 вариант) намечают зоны установленных качественных градаций, а в соответствии с данными табл. 4.2 строят непрерывный график функции желательности (рис. 4.1).

#### 4.2. Значения функции желательности в основных и промежуточных точках

Числовые значения					
$y_i$	$q_i$ согласно (4.1)	$q_i$ согласно (4.2)	$y_i$	$q_i$ согласно (4.1)	$q_i$ согласно (4.2)
-2,00	не определяется	0,00	1,50	0,51	0,80
-1,50	не определяется	0,01	2,00	0,61	0,87
-1,00	не определяется	0,07	2,50	0,67	0,92
-0,50	не определяется	0,19	3,00	0,72	0,95
0,00	0,00	0,37	3,50	0,75	0,97
0,50	0,14	0,54	4,00	0,78	0,98
0,77	0,28	0,63	4,50	0,80	0,99
1,00	0,37	0,69	5,00	0,82	0,99

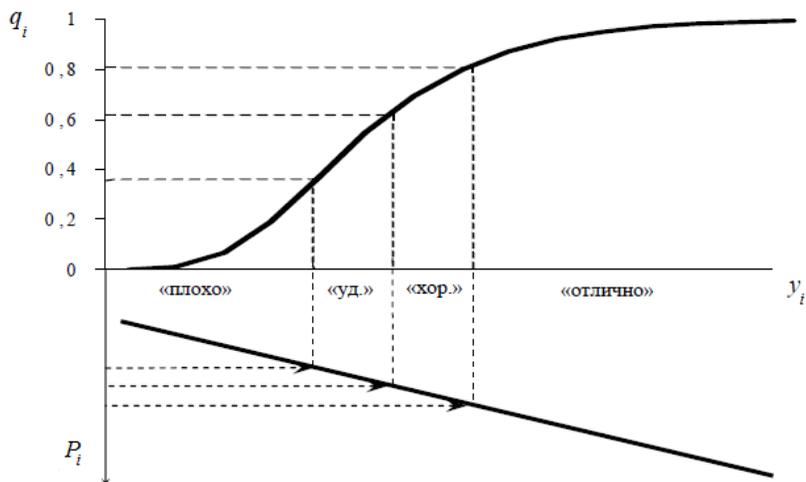


Рис. 4.1. Номограмма для определения показателей желательности

Для построения функции  $y_i$  используются граничные значения показателя  $P_i$ , определяемые стандартом или другим нормативно-техническим документом.

Номограмма строится индивидуально для каждого из натуральных единичных показателей качества, учитываемых в комплексной оценке качества продукции.

### Порядок выполнения работы

1. Ознакомиться с теоретическими сведениями данной работы.
2. Сформировать экспертные группы из  $m$  экспертов и выбрать объект экспертизы.
3. Выделить у объекта экспертизы наиболее важные единичные показатели качества и определить их коэффициенты весомости одним из известных способов.
4. Определить значения размерных показателей  $P_i$  для двух или трёх (по выбору) уровней градаций качества, используя нормативно-техническую документацию.
5. Определить фактические значения  $P_i$  единичных показателей качества объекта экспертизы инструментальными или экспертными методами.
6. Перевести размерные значения  $P_i$  единичных показателей качества в безразмерные вспомогательные показатели  $y_i$ , используя формулы (4.3) – (4.4) и табл. 4.1.
7. Рассчитать показатели желательности  $q_i$  для каждого единичного показателя по формуле (4.1) или (4.2) и на основании полученных значений вычислить значения комплексного показателя качества объекта экспертизы по формулам (4.6) – (4.9).
8. На основании полученных данных заполнить табл. 4.3 и построить номограмму функции желательности (рис. 4.1) для каждого из натуральных единичных показателей качества.
9. Проанализировать полученные данные и сделать выводы по работе.
10. Ответить на контрольные вопросы.

### 4.3. Сводная таблица результатов

№ единичного показателя	$P_i$ (в размерной форме)	$y_i$ (в безразмерной форме)	$q_i$	Значения комплексного показателя			
				$\hat{Q}$	$\bar{Q}$	$\tilde{Q}$	$\bar{Q}$
1							
2							
...							
$n$							

## Контрольные вопросы

1. Что представляет собой показатель желательности?
2. Какие нормативные данные об объекте экспертизы необходимы для расчёта функции желательности единичных показателей качества?
3. Что собой представляет вспомогательный показатель  $y_i$ ?
4. Приведите формулы для расчёта показателя желательности  $q_i$  каждого  $i$ -го единичного показателя, если вспомогательный показатель  $y_i$  изменяется в диапазоне  $0 < y_i < \infty$ .
5. Приведите формулы для расчёта показателя желательности  $q_i$  каждого  $i$ -го единичного показателя, если вспомогательный показатель  $y_i$  изменяется в диапазоне  $-\infty < y_i < \infty$ .
6. Приведите формулы для расчёта вспомогательного показателя  $y_i$ .
7. Как рассчитываются коэффициенты пропорциональности  $a_0$ ,  $a_1$  и  $a_2$ ?
8. Каким образом осуществляется перевод абсолютных показателей качества в безразмерные при определении обобщённой функции желательности?
9. В каких случаях для перевода абсолютных показателей качества в относительные используется уравнение регрессии (4.3)?
10. В каких случаях для перевода абсолютных показателей качества в относительные используется уравнение регрессии (4.4)?
11. Сколько уровней градации качества продукции необходимо для построения функции желательности?
12. Приведите формулы для расчёта среднего арифметического взвешенного комплексного показателя качества с использованием функции желательности.
13. Приведите формулы для расчёта среднего геометрического взвешенного комплексного показателя качества с использованием функции желательности.
14. Приведите формулы для расчёта среднего гармонического взвешенного комплексного показателя качества с использованием функции желательности.
15. Приведите формулы для расчёта среднего квадратического взвешенного комплексного показателя качества с использованием функции желательности.
16. Что собой представляет номограмма показателей желательности?
17. Опишите методику построения номограммы для определения показателей желательности.

18. Назовите достоинства метода определения комплексного показателя качества с помощью функции желательности.

19. Назовите недостатки метода определения комплексного показателя качества с помощью функции желательности.

20. Какие измерительные приборы были использованы в ходе выполнения лабораторной работы?

21. Опишите порядок и ход выполнения лабораторной работы.

## Лабораторная работа 5

### ПОСТРОЕНИЕ НОМОГРАММ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ КОМПЛЕКСНОГО ПОКАЗАТЕЛЯ КАЧЕСТВА ПРОДУКЦИИ

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

#### Краткие теоретические сведения

Для удобства и быстроты определения комплексного показателя качества ( $Q$ ) по выражениям (4.6) – (4.8) часто применяют номограммы.

Номограммы – это один из способов графического представления функциональных зависимостей. Каждая номограмма строится для определённой функциональной зависимости в заданных пределах изменения переменных. На номограммах вычислительная работа заменяется выполнением простейших геометрических операций, указанных в ключе пользования номограммой, и считыванием ответов.

Точность получения ответов по номограммам зависит от вида номографированной зависимости, пределов изменения переменных, размеров чертежа и выбранного типа номограммы. В среднем номограммы могут обеспечить получение ответов с 2–3 верными значащими цифрами. Когда точность номограмм недостаточна, их можно использовать для прикидочных расчётов, для нахождения нулевых приближений, для контроля вычислений с целью обнаружения грубых ошибок.

Номограммы можно применять и для исследования функциональных зависимостей, положенных в их основу. Часто такое исследование выполняется на номограммах значительно проще и нагляднее, чем иными способами. С помощью номограмм можно исследовать влияние различных переменных на искомую переменную, дать наглядную геометрическую

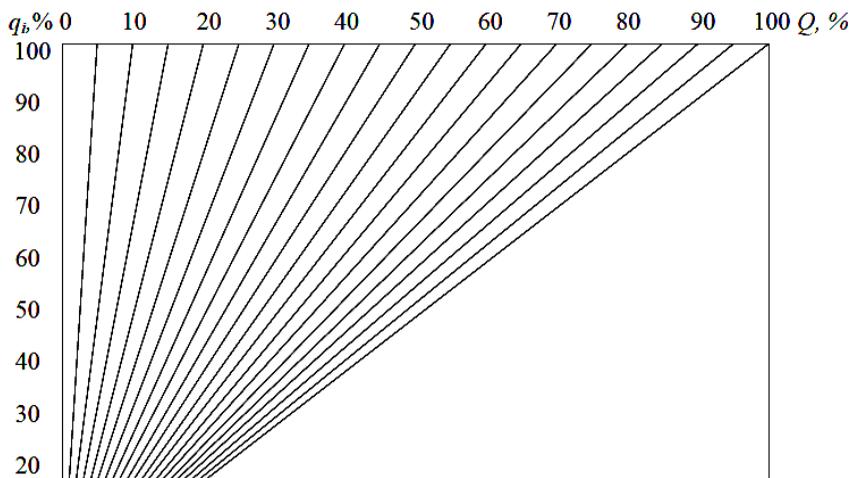
интерпретацию каким-либо ранее известным свойствам данной зависимости, установить ранее неизвестные её особенности. Номографические методы исследования можно, например, применять в задачах на подбор параметров эмпирических формул по результатам наблюдений, на аппроксимацию одной функции другой, на нахождение экстремальных значений функции.

Значения переменных изображаются на номограммах помеченными точками и помеченными линиями. Множество помеченных точек, зависящее от одной переменной, называется шкалой.

Для номографирования заданной зависимости её приводят точно или приближенно к номографируемому виду и записывают уравнения элементов номограммы в прямоугольной системе координат. Входящие в эти уравнения параметры преобразования (а иногда и произвольные функции) подбирают так, чтобы придать номограмме удобный для пользования вид. Далее рассчитывают таблицы координат отдельных элементов номограммы, а затем вычерчивают номограмму.

Номограммы следует строить на миллиметровой бумаге или с использованием математических редакторов (MathCad, MathLab и т.д.).

Рассмотрим пример построения номограммы для определения  $\hat{Q}$  по формуле (4.6) (рис. 5.1).



**Рис. 5.1. Номограмма для определения комплексного показателя качества с помощью арифметического способа усреднения**

На прямоугольнике размером 200×160 мм наносят шкалы  $Q$  и  $q_i$ . Масштаб обеих шкал постоянный: 1% шкалы соответствует 2 мм. Линии  $M_i$  представляют собой линейные функции:

$$l_i = m M_i q_i, \quad (5.1)$$

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

Чтобы построить линию, например, для  $M_i = 0,50$ , необходимо рассчитать абсциссы её точек для  $q_i = 20\%$  и  $q_i = 100\%$ . Используя выражение (5.1), получаем  $l_{i20} = 2 \times 0,5 \times 20 = 20$  мм;  $l_{i100} = 2 \times 0,5 \times 100 = 100$  мм. Далее откладывают полученные значения на нижней и верхней горизонтальной линии номограммы и соединяют их прямой линией. Аналогично строят все линии для значений  $M_i = 0,05 \dots 1,00$  с интервалом 0,05.

Оптимальный размер номограммы, построенной для выражения (4.7), составляет 230×161 мм (рис. 5.2). Обе шкалы номограммы логарифмические, причём единица  $\ln Q = 50$  мм, а единица  $\ln q_i = 100$  мм. При построении шкал на них откладывают натуральные логарифмы величин, а надписывают антилогарифмы (в процентах). Для построения делений шкалы  $q_i$  используют формулу

$$l_{q_i} = 100(\ln q_i - \ln 20) = 100 \ln q_i - 299,6, \quad (5.2)$$

а для делений шкалы  $Q$  – выражение

$$l_Q = 50 \ln Q. \quad (5.3)$$

Линии  $M_i$  выражаются линейной функцией

$$l_i = 50 M_i \ln q_i, \quad (5.4)$$

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

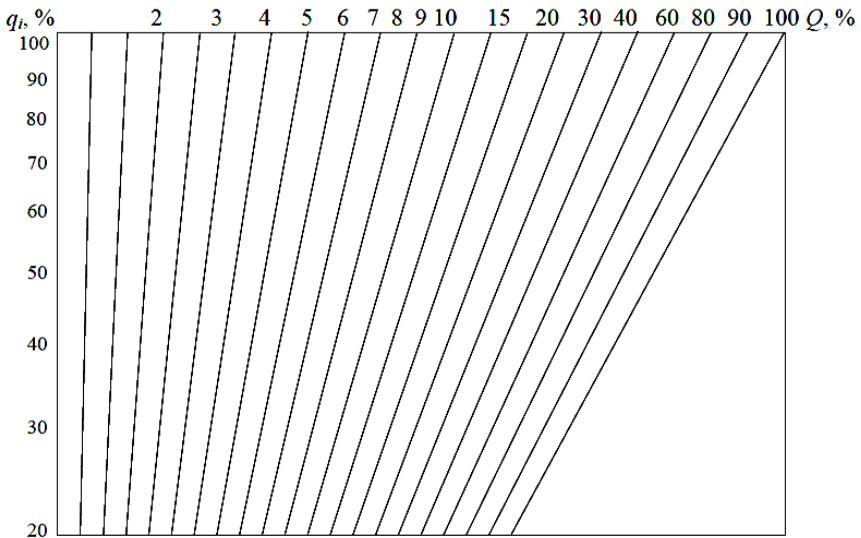
Размер номограммы для определения комплексного показателя качества по формуле (4.8) следует принять 250×160 мм (рис. 5.3). Масштаб шкалы  $Q$  переменный.

Деления шкалы наносят с использованием формулы

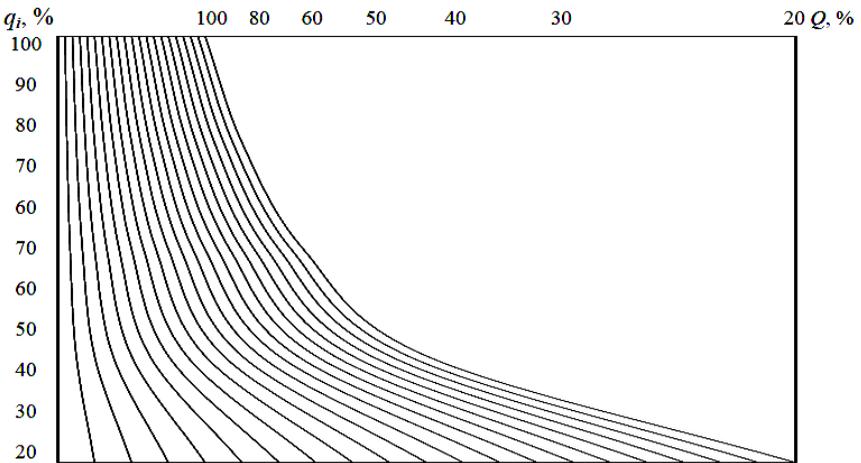
$$l_Q = 50 / (0,01Q) = 5000 / Q. \quad (5.5)$$

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

$$l_i = 50 M_i / (0,01 q_i) = 5000 M_i / q_i. \quad (5.6)$$



**Рис. 5.2. Номограмма для определения комплексного показателя качества с использованием геометрического способа усреднения**



**Рис. 5.3. Номограмма для определения комплексного показателя качества на основе гармонического способа усреднения**

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

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

*Пример.* Имеются исходные данные, представленные в табл. 5.1.

### 5.1. Исходные данные для примера

$M_i$	0,10	0,20	0,25	0,17	0,28
$q_i$	55,0	90,0	64,0	85,0	57,0

При расчёте по формуле (4.6) получаем  $Q = 69,9\%$ , по формуле (4.7) –  $Q = 68,6\%$ , по формуле (4.8) –  $Q = 67,3\%$ .

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

### Порядок выполнения работы

1. Ознакомиться с теоретическими сведениями данной работы.
2. Взять из лабораторной работы 4 результаты определения комплексного показателя различными способами усреднения.
3. Используя математический редактор, построить номограммы для определения комплексного показателя качества для различных способов усреднения (рис. 5.1 – 5.3).

4. Определить значения комплексного показателя качества продукции на основании построенных номограмм и сравнить их со значениями, рассчитанными по формулам (4.6) – (4.8).
5. Сделать выводы по работе и ответить на контрольные вопросы.

### **Контрольные вопросы**

1. Дайте определение понятию «номограмма».
2. Для решения каких задач могут быть использованы номограммы?
3. Какие исходные данные необходимы для построения номограмм?
4. Какие величины откладываются по осям координат при построении номограммы?
5. В каком диапазоне значений относительных показателей качества рекомендуется строить номограммы?
6. Какой масштаб рекомендовано использовать при построении номограмм на основе арифметического способа усреднения?
7. Какие размеры номограмм следует принимать при их построении с использованием арифметического способа усреднения?
8. Приведите формулы, которые используются для перехода к логарифмической шкале для арифметического способа усреднения.
9. Опишите методику построения номограмм для нахождения комплексных показателей качества на основе арифметического способа усреднения.
10. Какой масштаб рекомендовано использовать при построении номограмм на основе геометрического способа усреднения?
11. Какие размеры номограмм следует принимать при их построении с использованием геометрического способа усреднения?
12. Приведите формулы, которые используются для перехода к логарифмической шкале для геометрического способа усреднения.
13. Опишите методику построения номограмм для нахождения комплексных показателей качества на основе геометрического способа усреднения.
14. Какой масштаб рекомендовано использовать при построении номограмм на основе гармонического способа усреднения?
15. Какие размеры номограмм следует принимать при их построении с использованием гармонического способа усреднения?
16. Приведите формулы, которые используются для перехода к логарифмической шкале для гармонического способа усреднения.

17. Опишите методику построения номограмм для нахождения комплексных показателей качества на основе гармонического способа усреднения.

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

19. Назовите достоинства способа определения комплексного показателя качества с использованием номограмм.

20. Назовите недостатки способа определения комплексного показателя качества с использованием номограмм.

21. Какие измерительные и технические средства были использованы при выполнении лабораторной работы?

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

---

В учебном пособии рассмотрены теоретические и практические аспекты формирования экспертных групп, методы оценки их качественного состава, а также основные правила статистической обработки результатов экспертизы при построении «дерева свойств», определении коэффициентов весомости и расчёте комплексных показателей качества промышленной продукции.

Изученные экспертные методы квалиметрии наряду с аналитическими методами и комплексными инструментами управления качеством, которые рассматриваются во второй части учебного пособия, составляют полный цикл практических и лабораторных работ, изучаемых в рамках курса «Квалиметрия и управление качеством».

Полученные в ходе изучения курса знания могут применяться студентами при дальнейшем освоении дисциплин «Средства и методы управления качеством», «Всеобщее управление качеством», «Статистические методы в управлении качеством», изучаемых в 7–8 семестре, а также в ходе дипломного проектирования и в своей профессиональной деятельности на предприятиях различных отраслей промышленности.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

---

1. Методы квалиметрии в машиностроении : учебное пособие / под ред. В.Я. Кершенбаума, Р.М. Хвастунова. – М. : Технонефтегаз, 1999. – 210 с.
2. Азгальдов, Г.Г. Теория и практика оценки качества товаров (основы квалиметрии) / Г.Г. Азгальдов. – М. : Экономика, 1982. – 256 с.
3. Исследование систем управления : учебное пособие для вузов / В.В. Мыльник В.В., Б.П. Титаренко, В.А. Волочиенко. – 2-е изд., перераб. и доп. – М. : Академический Проект ; Екатеринбург : Деловая книга, 2003. – 352 с.
4. Большев, Л.Н. Таблицы математической статистики / Л.Н. Большев, Н.В. Смирнов. – 3-е изд., перераб. и доп. – М. : Наука, 1983. – 777 с.
5. Шишкин, И.Ф. Квалиметрия и управление качеством : учебник для вузов / И.Ф. Шишкин, В.М. Станякин. – М. : Изд-во ВЗПИ, 1992. – 210 с.
6. Азгальдов, Г.Г. О квалиметрии / Г.Г. Азгальдов, Э.П. Райхман. – М. : Изд-во стандартов, 1972. – 172 с.
7. Хахманова, Д.Н. Основы квалиметрии : учебное пособие / Д.Н. Хахманова. – Улан-Уде : Изд-во ВГСТУ, 2003. – 142 с.
8. Авдудевский, В.С. Надёжность и эффективность в технике : справочник. В 10 т. / В.С. Авдудевский, В.А. Кузнецова. – М. : Машиностроение, 1990. – 336 с.
9. Попов, Г.В. Лабораторный практикум по курсу «Квалиметрия и управление качеством» : учеб. пособие / Г.В. Попов, Л.Б. Лихачёва. – Воронеж : Изд-во ВГТА, 2005. – 88 с.
10. Прохоров, Ю.К. Управление качеством : учебное пособие / Ю.К. Прохоров. – СПб. : СПбГУИТМО, 2007. – 144 с.
11. Фатхутдинов, Р.А. Конкурентоспособность: экономика, стратегия, управление / Р.А. Фатхутдинов. – М. : ИНФРА-М, 2008. – 312 с.
12. Управление качеством продукции. Инструменты и методы менеджмента качества : учебное пособие / С.В. Пономарев, С.В. Мищенко, В.Я. Белобрагин. – М. : РИА «Стандарты и качество». – 2005. – 248 с.
13. Гличев, А.В. Основы управления качеством продукции / А.В. Гличев. – 2-е изд., перераб. и доп. – М. : РИА «Стандарты и Качество», 2001. – 424 с.

14. Управление качеством : учебное пособие. Ч. 1. Семь простых методов / Ю.П. Адлер, Т.М. Полховская, Л.А. Нестеренко. – М. : МИСИС, 1999. – 163 с.
15. Варжапетян, А.Г. Квалиметрия : учебное пособие / А.Г. Варжапетян. – СПб. : СПбГУАП, 2005. – 176 с.
16. Фомин, В.Н. Квалиметрия. Управление качеством. Сертификация : курс лекций / В.Н. Фомин. – М. : ААИ «Тандем», Изд-во «ЭКМОС», 2000. – 320 с.
17. Управление качеством : учебное пособие / Б.И. Герасимов, Н.В. Злобина, С.П. Спиридонов. – М. : КНОРУС. – 2005. – 272 с.
18. Всеобщее управление качеством : учебник для вузов / О.П. Глудкин, Н.М. Горбунов, А.И. Гуров, Ю.В. Зорин ; под ред. О.П. Глудкина. – М. : Радио и связь, 1999. – 600 с.
19. Субетто, А.И. Квалиметрия / А.И. Субетто. – СПб. : Изд-во «Астерион», 2002. – 288 с.
20. Решение задач квалиметрии машиностроения : учебное пособие / под ред. В.Я. Кершенбаума, Р.М. Хвастунова. – М. : Технонефтегаз, 2001. – 157 с.
21. Статистические методы в повышении качества / под ред. Х. Кумэ ; пер. с англ. – М. : Финансы и статистика, 1990. – 304 с.

## СОДЕРЖАНИЕ

---

<b>ВВЕДЕНИЕ</b> .....	3
<b>ПРАКТИЧЕСКИЕ РАБОТЫ</b> .....	4
<b>Практическая работа 1.</b> Формирование экспертной группы. Расчёт числа экспертов из условия полноты выявления представляемых ими данных .....	4
<b>Практическая работа 2.</b> Определение качественного состава экспертной группы .....	13
<b>Практическая работа 3.</b> Единичные показатели качества промышленной продукции .....	19
<b>Практическая работа 4.</b> Построение многоуровневой структуры показателей качества с привлечением экспертной группы .....	22
<b>Практическая работа 5.</b> Методы определения единичных показателей качества продукции. Шкалы измерений .....	29
<b>Практическая работа 6.</b> Экспертные методы определения коэффициентов весомости единичных показателей качества. Метод предпочтения и метод ранга .....	34
<b>Практическая работа 7.</b> Экспертные методы определения коэффициентов весомости единичных показателей качества. Методы попарного сопоставления .....	37
<b>Практическая работа 8.</b> Уточнение весовых коэффициентов методом последовательного приближения .....	41
<b>Практическая работа 9.</b> Методы определения комплексного показателя качества продукции. Комплексирование по трёхуровневой шкале .....	44

<b>ЛАБОРАТОРНЫЕ РАБОТЫ</b> .....	48
<b>Лабораторная работа 1.</b> Методы определения комплексного показателя качества продукции. Дифференциальный метод.....	48
<b>Лабораторная работа 2.</b> Методы определения комплексного показателя качества продукции. Комплексный метод.....	52
<b>Лабораторная работа 3.</b> Методы определения комплексного показателя качества продукции. Смешанный метод.....	59
<b>Лабораторная работа 4.</b> Комплексная оценка качества продукции с использованием функции желательности.....	63
<b>Лабораторная работа 5.</b> Построение номограмм для определения комплексного показателя качества продукции.....	68
<b>ЗАКЛЮЧЕНИЕ</b> .....	75
<b>СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ</b> .....	76

Учебное издание

ПОДОЛЬСКАЯ Мария Николаевна

# КВАЛИМЕТРИЯ И УПРАВЛЕНИЕ КАЧЕСТВОМ

Часть 1

## ЭКСПЕРТНЫЕ МЕТОДЫ

Лабораторный практикум

Редактор З.Г. Чернова  
Инженер по компьютерному макетированию Т.Ю. Зотова

Подписано в печать 16.09.2011  
Формат 60 × 84/16. 4,65 усл. печ. л. Тираж 80 экз. Заказ № 373

Издательско-полиграфический центр ФГБОУ ВПО «ТГТУ»  
392000, г. Тамбов, ул. Советская, д. 106, к. 14