

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

Учреждение образования

«Витебский государственный технологический университет»

Квалиметрия и управление качеством

Рабочая тетрадь для практических занятий
для студентов специальности 6-05-0413-02 «Товароведение»

Витебск
2025

УДК 658.5

Составители:
Радюк Анастасия Николаевна
Нейфельд Мария Александровна

Одобрено кафедрой «Техническое регулирование и товароведение»
УО «ВГТУ», протокол № 9 от 23.01.2025.

Рекомендовано к изданию редакционно-издательским советом УО «ВГТУ»,
протокол № 5 от 29.01.2025.

Квалиметрия и управление качеством : рабочая тетрадь / А. Н. Радюк,
М. А. Нейфельд. – Витебск : УО «ВГТУ», 2025. – 91 с.

Рабочая тетрадь является методической разработкой для проведения практических занятий по дисциплине «Квалиметрия и управление качеством» для специальности 6-05-0413-02 «Товароведение». Рабочая тетрадь содержит задания по методам квалиметрического анализа, номенклатуре, классификации, выборе и расчете различных групп показателей качества промышленной продукции и их весовых коэффициентов, а также по методам и инструментам управления качеством и предназначена для совершенствования теоретических знаний и развития практических навыков по изучаемой дисциплине.

УДК 658.5

© УО «ВГТУ», 2025

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	5
ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ И ПОЛОЖЕНИЯ В ОБЛАСТИ КВАЛИМЕТРИИ	
Практическая работа 1	
Выявление единичных показателей качества продукции	7
Практическая работа 2	
Выбор основных показателей, характеризующих надёжность изделий.....	11
МЕТОДЫ ИЗМЕРЕНИЯ И ОЦЕНКИ УРОВНЯ КАЧЕСТВА ПРОДУКЦИИ	
Практическая работа 3	
Использование шкал наименований и порядка для решения квалиметрических задач.....	17
Практическая работа 4	
Выбор базового образца для сравнения показателей.....	23
Практическая работа 5	
Методы оценки уровня качества: дифференциальный, комплексный и смешанный методы.....	25
Практическая работа 6	
Методы определения комплексного показателя качества: определение комплексного показателя по принципу среднего взвешенного, способом ранжирования по трехуровневой шкале, при помощи рангов и баллов, с использованием функции желательности.....	32
Практическая работа 7	
Аналитические методы определения коэффициентов весомости единичных свойств продукции: метод стоимостных регрессионных зависимостей, метод номинальных и предельно допустимых значений, метод эквивалентных соотношений.....	41
Практическая работа 8	
Оценка уровня качества разнородной продукции: определение индексов качества продукции.....	49
Практическая работа 9	
Экспертные методы определения весовых коэффициентов: способ ранжирования, непосредственного оценивания (балльный), попарного сопоставления, двойного попарного сопоставления и последовательных сопоставлений.....	54
Практическая работа 10	
Применение экспертного метода для определения коэффициентов весомости единичных показателей качества продукции.....	62

Практическая работа 11	
Оценка значимости единичных показателей по результатам общей оценки качества продукции (метод разности медиан).....	67
Практическая работа 12	
Оценка согласованности экспертных данных по коэффициенту по конкордации и коэффициенту вариации.....	70
УПРАВЛЕНИЕ КАЧЕСТВОМ	
Практическая работа 13	
Методы и инструменты управления качеством»: контрольные листки; диаграмма Парето, диаграмма Исикавы (причин и результатов), рассеивания (разброса); гистограммы; контрольные карты; стратификация; диаграммы сродства, зависимостей; матричная, стрелочная диаграмма и диаграмма планирования оценки процесса.....	74
Практическая работа 14	
Качество и конкурентоспособность изделий.....	85
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	88
ПРИЛОЖЕНИЕ А. Критические значения критерия Пирсона $\chi^2_{кр}$	89
ПРИЛОЖЕНИЕ Б. Значения критерия χ^2	90

ВВЕДЕНИЕ

Дисциплина «Квалиметрия и управление качеством» относится к числу дисциплин учреждения высшего образования модуля «Управление качеством и безопасностью товаров» специальности 6-05-0413-02 «Товароведение».

Наращивание темпов производства конкурентоспособной продукции с заданным уровнем качества, в необходимом количестве и с наименьшими затратами является важной целью научно-технического прогресса. Прямое воздействие на качество изделий осуществляют по результатам оценки уровня качества и его различных показателей. В связи с этим, изучение методов оценки качеством продукции представляется необходимым для широкого круга специалистов. Помимо этого, квалиметрия и управление качеством рассматривает основные понятия, термины и определения в области управления качеством, основные методы количественной оценки уровня качества продукции, методы и принципы эффективного управления качеством продукции.

Воспитательное значение учебной дисциплины «Квалиметрия и управление качеством» заключается в формировании образованной, культурно развитой, профессионально компетентной личности, способной трудиться в условиях рыночной экономики и конкуренции, а также в развитии творческой инициативы, самостоятельности, гражданской ответственности и патриотизма.

Целью изучения дисциплины «Квалиметрия и управление качеством» является формирование у студентов знаний, умений и навыков моделирования качества продукции и процессов, его количественного выражения и использование полученных результатов для решения задач управления качеством.

Основными задачами дисциплины являются:

- изучение потребительских свойств промышленной продукции, характеризующих ее качество;
- изучение теоретических основ количественной оценки уровня качества продукции, процессов и услуг;
- ознакомление с методами оценки (измерения) свойств и определенных значений единичных показателей качества продукции;
- изучение комплексных методов оценки уровня качества продукции, а также приобретение практических навыков расчета комплексных показателей качества продукции;
- дать знания о методах и принципах управления качеством, а также их использования для решения практических задач;
- приобретение навыков принятия решений на основе полученных квалиметрических оценок;
- приобретение знаний о системах управления качеством продукции, целях и задачах внедрения систем менеджмента качества на предприятиях.

В результате изучения дисциплины обучающийся сформирует навыки и умения проведения оценки и управления качеством продукции в рамках освоения специализированной компетенции:

СК-9 «Уметь применять основные понятия и методологические основы квалиметрии для решения задач оценивания качества продукции и процессов».

Рабочая тетрадь разработана в соответствии с учебной программой и призвана помочь обучающимся усвоить теоретический материал и овладеть практическими навыками управления качеством на предприятиях и в организациях.

Целью рабочей тетради является способствование закреплению необходимого уровня теоретических знаний о законодательных и нормативных правовых актах, методических материалах по оценке и управлению качеством; основных положениях учения о качестве и эволюцию его развития; структуре качества и методах построения иерархической схемы свойств, определяющих качество объекта; принципах оценивания единичных и комплексных показателей качества; основополагающих принципов квалиметрии, на которых базируется количественная оценка качества любых объектов; методах оценки уровня качества и методы управления качеством; основах концепции всеобщего управления качеством продукции; составе и содержании комплекса международных стандартов в области менеджмента качества; этапах создания и сертификации систем менеджмента качества.

Рабочая тетрадь для выполнения практических работ охватывает все основные темы дисциплины и способствует приобретению навыков владения методикой моделирования качества различных объектов в виде иерархических структур свойств (декомпозиции качества объектов); методикой формирования экспертных групп и проведения экспертного оценивания качества различных объектов; методиками получения комплексных оценок уровня качества промышленной продукции; современными инструментами контроля и управления качеством промышленной продукции; методами организации работ по обеспечению качества промышленной продукции; составлению планов мероприятий, направленных на улучшение качества промышленной продукции.

Рабочая тетрадь состоит из трех разделов: основные понятия и положения в области квалиметрии, методы измерения и оценки уровня качества продукции, управление качеством. Первый раздел посвящен классификации и выбору номенклатуры показателей качества промышленной продукции и содержит две практические работы. Второй раздел посвящен аналитическим и экспертным методам квалиметрии и содержит десять практических работ. Третий раздел рассматривает инструменты управления качеством, в его состав входит 2 практические работы.

Выбор тем обусловлен практической направленностью формирования навыков обучающихся в решении задач курсового, дипломного проектирования, в профессиональной сфере специальности 6-05-0413-02 «Товароведение».

ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ И ПОЛОЖЕНИЯ В ОБЛАСТИ КВАЛИМЕТРИИ

Практическая работа 1 Выявление единичных показателей качества продукции

Цель работы: изучить показатели свойств, составляющих качество продукции, усвоить методику построения «дерева свойств» и ознакомиться с основными правилами выбора номенклатуры единичных показателей качества продукции.

Задание 1. Дайте определение следующим понятиям, используя ГОСТ 15467-79 «Управление качеством продукции. Основные понятия. Термины и определения»:

Свойство продукции – _____

Качество продукции – _____

Показатель качества продукции – _____

Признак продукции – _____

Параметр продукции – _____

Единичный показатель качества продукции – _____

Комплексный показатель качества продукции – _____

Интегральный показатель качества продукции – _____

Задание 2. На основании ГОСТ 22851-77 «Выбор номенклатуры показателей качества промышленной продукции» составьте классификацию свойств промышленной продукции.

Обратите внимание на то, что в номенклатуру показателей качества промышленной продукции, регламентированной нормативными документами, входят 10 групп показателей качества, характеризующих соответствующие свойства. В свою очередь группы показателей качества могут быть подразделены на подгруппы, а подгруппы на единичные показатели качества.

Задание 3. Изучите основные методы и правила построения «дерева свойств», а также способы их изображения. Зарисуйте схемы возможного графического изображения иерархической структуры «дерево свойств».

Состав и соподчиненность свойств, составляющих качество продукции, можно представить с помощью различных графических средств:

1. Горизонтального или вертикального дерева свойств (рис. 1.1). Среди новых инструментов менеджмента качества этот метод носит название древовидной диаграммы.

2. В виде классификационной таблицы (рис. 1.2), которая, однако, применима только для небольшого числа характеристик, так как наглядность падает по мере увеличения числа свойств.

3. Строгого графа (рис. 1.3), т. е. так, как это принято в теории графов (с вершинами и ребрами).

4. В виде ветвящейся структуры причинно-следственных связей (известна как схема Исикава или «рыбий скелет») (рис. 1.4).

Рисунок 1.1 – Пример структуры типа «дерево»

Рисунок 1.2 – Пример дерева в табличной форме

Рисунок 1.3 – Пример дерева в строгой графовой форме

Рисунок 1.4 – Пример дерева в виде схемы Исикава

Задание 4. Ознакомьтесь со структурой стандартов системы показателей качества продукции. Изучите номенклатуру показателей качества для конкретного объекта и его ЕПК. Разработайте конкретную номенклатуру показателей качества и представьте ее графически в виде «дерева свойств».

Практическая работа 2

Выбор основных показателей, характеризующих надёжность изделий

Цель работы: изучить основные показатели, характеризующие надёжность изделий.

Задание 1. Дайте определение следующим понятиям, используя ГОСТ 27.002-2015 «Надёжность в технике. Термины и определения»:

Надёжность – _____

Безотказность – _____

Долговечность – _____

Ремонтопригодность – _____

Сохраняемость – _____

Задание 2. Согласно основным признакам, по которым подразделяют изделия при задании требований по надёжности по ГОСТ 27.003-90 «Надёжность в технике. Состав и общие правила задания требований по надёжности» (п. 3.3), представьте свойства и показатели надёжности в виде «дерева свойств».

Задание 3. Согласно обобщенной схеме выбора номенклатуры показателей надежности изделий с учетом признаков классификации (п. 3.4), условных обозначений (прил. 1), методике выбора номенклатуры показателей надежности (прил. 3), примерам выбора номенклатуры задаваемых показателей (прил. 4) по ГОСТ 27.003-90 «Надежность в технике. Состав и общие правила задания требований по надежности» выберите изделие из перечня, приведенного в таблице 2.1, и опишите его согласно примерам.

Для описания изделия необходимо вначале в зависимости от совокупности классификационных группировок, к которым оно отнесено, с помощью таблиц приложения 3 определить набор показателей, подлежащих заданию.

Таблица 2.1 –Перечень изделий

№ вар.	Наименование изделия	№ вар.	Наименование изделия
1	Радиоприёмник	11	Холодильник
2	Компьютер	12	Фотоаппарат
3	Стиральная машина	13	Двигатель авиационный
4	Манометр технический	14	Приборы для научных исследований
5	Пылесос		
6	Утюг	15	Телефон
7	Весы аналитические	16	Контрольно-измерительные приборы, используемые в учебных целях
8	Конденсатор		
9	Кофеварка		
10	Принтер	17	Велосипед

Расчет показателей надежности

Показатели безотказности характеризуют свойство объекта непрерывно сохранять работоспособность в течение некоторого времени или некоторой наработки.

К ним относятся: вероятность безотказной работы; интенсивность отказов; параметр потока отказов; средняя наработка до первого отказа; наработка на отказ; условная средняя наработка до первого отказа.

Задание 4. Определите вероятность безотказной работы телевизоров в зависимости от номера варианта, выданного преподавателем, если при их испытании в течение времени t_0 в конце промежутка времени t_0 исправных изделий оказалось $N(t)$. Количество изделий, подвергшихся испытанию, равно N_0 .

Методические рекомендации для решения задания 4

Вероятностью безотказной работы $P(t)$ называется вероятность того, что в пределах определённого времени или объема работы отказ объекта не возникнет. Она определяется выражением:

$$P(t) = \frac{N(t)}{N_0} \quad (2.1)$$

где N_0 – количество изделий, работавших в начале промежутка времени; $N(t)$ – количество изделий, работавших в конце промежутка времени.

РЕШЕНИЕ

Исходные данные		P(t)
t		
N_0		
N(t)		

Задание 5. Определите интенсивность отказов в зависимости от номера варианта, выданного преподавателем, если в конце промежутка времени были исправными $N(t)$ изделий и за время Δt вышли из строя Δn изделий.

Методические рекомендации для решения задания 5

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

$$\lambda(t) = \frac{\Delta n}{N(t) \cdot \Delta t} \quad (2.2)$$

где Δn – число изделий, отказавших за время t ; Δt – промежуток времени, следующий после t , на котором определяется λ .

РЕШЕНИЕ

Исходные данные		$\lambda(t)$
N(t)		
Δt		
Δn		

Задание 6. Определите среднюю наработку до первого отказа для b изделий в партии в зависимости от номера варианта, выданного преподавателем, если известно время работы i -го изделия до первого отказа.

Методические рекомендации для решения задания 6

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

$$T_{\text{ср}} = \frac{\sum_{i=1}^n T_i}{n} \quad (2.3)$$

где T_i – время работы i -го изделия до первого отказа; n – число изделий в партии.

РЕШЕНИЕ

Исходные данные				$T_{\text{ср}}$
t_1		t_4		
t_2		t_5		
t_3		t_6		

Задание 7. Определите параметр потока отказов для 3-х изделий в зависимости от номера варианта, выданного преподавателем, если за время Δt 1-ое изделие отказало n_1 раз, второе изделие – n_2 , третье изделие – n_3 .

Методические рекомендации для решения задания 7

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

$$\varphi(t) = \frac{\Delta n}{N_0 \cdot \Delta t} \quad (2.4)$$

где Δn – количество отказов; N_0 – количество изделий, работавших в промежутке времени.

Необходимо учесть, что при определении величины $\varphi(t)$ изделия, отказывающие в течение времени t , ремонтируются. В этом случае: $N_0 = N(t)$.

РЕШЕНИЕ

Исходные данные				$\varphi(t)$
n_1		Δt		
n_2		N_0		
n_3		–	–	

Задание 8. Определите наработку на отказ для трех изделий в зависимости от номера варианта, выданного преподавателем. Пусть 1-ое изделие исправно работало первые t_{11} ч, затем отказало, и было отремонтировано. После этого до второго отказа оно работало t_{12} часа, до третьего отказа – t_{13} ч, и до четвертого отказа – t_{14} ч. Второе изделие проработало до первого отказа t_{21} ч, до

второго – t_{22} ч, до третьего – t_{23} ч. И наконец, третье изделие до первого отказа работало t_{31} ч, до второго – t_{32} ч, до третьего – t_{33} ч, и до четвертого – t_{34} ч.

Методические рекомендации для решения задания 8

Наработкой на отказ T называется среднее значение наработки ремонтируемого изделия между отказами:

$$T = \frac{\sum_{i=1}^n T_{cp.i}}{n} \quad (2.5)$$

где $T_{cp.i}$ – среднее значение наработки на отказ i -го изделия.

Значение $T_{cp.i}$ определяется по следующей формуле:

$$T_{cp.i} = \frac{\sum_{j=1}^m T_{ij}}{m} \quad (2.6)$$

где T_{ij} – среднее время работы i -го изделия между j -ым и $(j+1)$ -ым отказами;
 m – число отказов i -го изделия.

РЕШЕНИЕ

Исходные данные		$T_{cp.i}$	T
t_{11}			
t_{12}			
t_{13}			
t_{14}			
t_{21}			
t_{22}			
t_{23}			
t_{31}			
t_{32}			
t_{33}			
t_{34}			

МЕТОДЫ ИЗМЕРЕНИЯ И ОЦЕНКИ УРОВНЯ КАЧЕСТВА ПРОДУКЦИИ

Практическая работа 3 Использование шкал наименований и порядка для решения квалиметрических задач

Цель работы: приобрести умения решать квалиметрические задачи с использованием шкал наименований и порядка.

Предприятием легкой промышленности выпущена пробная партия изделий. При выборочной проверке 100 изделий обнаружены дефекты трёх видов. В зависимости от номера варианта, выданного преподавателем представить наименование дефекта и количество по форме таблицы 3.1.

Таблица 3.1 – Исходные данные

Обозначение	Наименование дефекта	Количество
А		
Б		
В		

Задание 1. В каких пределах находится наибольшее число дефектов во всей партии, если всего выпущено 1000 изделий?

Методические рекомендации для решения задания 1

Имеется совокупность M объектов, подлежащих оцениванию. Некоторые из этих объектов обладают интересующим нас признаком X . Проведено выборочное исследование N объектов и обнаружено n объектов с признаком X . Частота p появления признака X равна

$$p = \frac{n}{N} \quad (3.1)$$

Среднеквадратическое отклонение σ величины n :

$$\sigma = \sqrt{N \cdot p \cdot (1 - p)} \quad (3.2)$$

Доверительный интервал $[n_{\min}, n_{\max}]$ значений, в который с заданной вероятностью укладывается фактическое значение оцениваемой величины:

$$n_{\min/\max} = N \cdot p \pm t \cdot \sigma \quad (3.3)$$

где t – коэффициент Стьюдента, выбираемый в зависимости от доверительной вероятности P и общего числа наблюдений N .

Выбор доверительной вероятности P зависит от ответственности принимаемых решений: чем выше ответственность, тем больше P . Обычно выбирают следующие значения P : 0,80; 0,90; 0,95.

РЕШЕНИЕ

1. В первую очередь необходимо задать доверительную вероятность. С учётом небольших финансовых потерь за счёт этих дефектов

P	t

2. Используя формулы (3.1) и (3.2), для дефектов вида ____:

$P_{\text{наиб. деф.}}$	
σ	

3. По формуле (3.3) рассчитывают границы _____% доверительного интервала:

n_{\min}	
n_{\max}	

Вывод: в партии из 1000 изделий ожидаемое (наиболее вероятное) число дефектов составляет _____, при этом с вероятностью _____% можно обнаружить от _____ до _____ дефектов вида _____.

Задание 2. Те же 1000 изделий из задания 1 разделены на партии по 100 штук, направляемые в разные адреса. Спрашивается, в каких пределах будет находиться наибольшее число дефектов в этих партиях?

Методические рекомендации для решения задания 2

Среднеквадратическое отклонение σ частоты p :

$$\sigma = \sqrt{\frac{p \cdot (1-p)}{N}} \quad (3.4)$$

$$p_{\min/\max} = p \pm t \cdot \sigma \quad (3.5)$$

РЕШЕНИЕ

1. По формуле (3.4), которая характеризует рассеяние частостей, полученных по выборкам объема N :

σ	
----------	--

2. Учитывая, что вероятное значение p составляет _____, находят предельные значения доверительного интервала (при $P =$ _____, тогда $t =$ _____) по формуле (3.5):

p_{\min}	
p_{\max}	

Вывод: количество дефектов вида _____ в разных партиях будет находиться в пределах: $p_{\min} =$ _____; $p_{\max} =$ _____.

Задание 3. Допустим, предприятием усовершенствована технологическая линия производства изделий, что позволило уменьшить число указанных дефектов. При выборочной проверке 100 изделий нового выпуска обнаружено дефектов вида А – _____, вида Б – _____, вида В – _____. Действительно ли принятые меры повлияли на количество дефектов или же обнаруженное снижение может быть обусловлено случайными отклонениями, не связанными с работой новой системы?

Методические рекомендации для решения задания 3

Достоверность различия средних частостей p_1 и p_2 проверяют по формуле

$$t = \frac{p_2 - p_1}{\sqrt{\frac{p_1 \cdot (1 - p_1)}{N_1} + \frac{p_2 \cdot (1 - p_2)}{N_2}}} \quad (3.6)$$

Вероятность различия находят по таблице значений коэффициента Стьюдента для $f = N_1 + N_2 - 2$.

РЕШЕНИЕ

1. В первую очередь необходимо задать доверительную вероятность

P	t

2. Рассчитывается значение t для дефектов вида _____ по формуле (3.6):

t	
-----	--

Вывод: так как _____, чем $t =$ _____, то в отношении дефектов вида _____ улучшение параметров производства не доказано.

Задание 4. Предприятием закуплены две технологические линии А и Б одного назначения. Через некоторое время при выборочном контроле качества готовых изделий были обнаружены дефекты трёх видов: а, б и в. В зависимости от номера варианта, выданного преподавателем представить количество дефектов по форме таблицы 3.2.

Таблица 3.2 – Исходные данные

Линии	Виды дефектов			n_i
	а	б	в	
А				
Б				
m_j				$N =$

Известно, что технологическая линия А склонна допускать брак «_____», а линия Б – брак «_____». Достаточно ли существенно различие количества дефектов, чтобы можно было это утверждение принять с заданной вероятностью?

Методические рекомендации для решения задания 4

1. Рассчитываются ожидаемые o_{ij} числа дефектов в каждой ячейке решётки сопряжённости по формуле

$$o_{ij} = \frac{n_i \cdot m_j}{N} = \frac{1}{k} \sum_{j=1}^k e_j, \quad (3.7)$$

где n_i и m_j – суммарные числа экспериментальных данных по i -й строке и j -у столбцу в решётке сопряжённости; N – общее число данных; e_j – фактическое (экспериментальное) число оценок в j -й градации; k – число градаций.

o_{11}	
o_{12}	

O ₁₃	
O ₂₁	
O ₂₂	
O ₂₃	

2. Мерой статистической связи между влияющим фактором и тем или иным показателем является критерий Пирсона, который рассчитывается по формуле

$$\chi^2 = \sum_{j=1}^k \frac{(o_j - e_j)^2}{o_j}, \quad (3.8)$$

3. Вычисленное значение критерия Пирсона χ^2 сравнивается с критическим значением $\chi_{кр}^2$ (приложение А). При этом число степеней свободы для парной связи определяется как

$$f = (k_1 - 1) \cdot (k_2 - 1), \quad (3.9)$$

где k_1 и k_2 – количество градаций анализируемых показателей.

Табличное значение показателя Пирсона χ^2_{95} при числе степеней свободы $f =$ _____ : $\chi_{95}^2 =$ _____ .

Вывод: так как вычисленное значение $\chi^2 =$ _____ критического $\chi_{95}^2 =$ _____, то _____

_____.

Практическая работа 4

Выбор базового образца для сравнения показателей

Цель работы: изучить методику выбора базового образца для сравнения показателей и определить их уровень.

Задание 1. Дайте определение следующим понятиям, используя ГОСТ 15467-79 «Управление качеством продукции. Основные понятия. Термины и определения» и ГОСТ 2.116-84 «Карта технического уровня и качества продукции»:

Уровень качества продукции – _____

Технический уровень продукции – _____

Перспективный образец продукции – _____

Аналог – _____

Базовый образец – _____

Задание 2. Рассматриваются объекты, характеризующиеся двумя позитивными показателями качества. Сформирована группа аналогов из 12 образцов. Нормированные значения показателей качества этих объектов x_1 и x_2 приведены в зависимости от варианта в таблице 4.1.

Таблица 4.1 – Нормированные значения показателей качества

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
x_1												
x_2												

Необходимо представить результаты сопоставления по форме таблицы 4.2.

Таблица 4.2 – Результаты сопоставления

№	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Уровень
1													
2													
3													
4													
5													
6													
7													
8													
9													
10													
11													
12													

Методические рекомендации для решения задания 1

Для представления результатов сопоставления необходимо использовать следующие обозначения:

1) знак « \Rightarrow » показывает, что при попарном сопоставлении двух аналогов значение первого показателя выше у одного аналога, а второго – у другого;

2) цифра «1» показывает, что значения обоих показателей у аналога, соответствующего строке таблицы, больше, чем у аналога, соответствующего столбцу, или один равен, а другой больше;

3) цифра «0» означает, соответственно, что один аналог уступает другому по обоим показателям.

Аналоги, которым соответствует строка, содержащая 1 и « \Rightarrow », относятся к высшему уровню, так как каждый из них не уступает ни одному из остальных по совокупности оценочных показателей.

Аналоги, которым соответствует строка, содержащая 0 и « \Rightarrow », относятся к низшему уровню, так как каждый из них не превосходит ни один из остальных по совокупности оценочных показателей.

Остальные аналоги относятся к среднему уровню.

В последнем столбце таблицы 4.2 факт отнесения аналога к высшему, среднему или низшему уровню должен быть отражен, соответственно, буквами В, С, Н.

В зависимости от того, на каком уровне собирается конкурировать разработчик или изготовитель продукции, осуществляющий оценку уровня качества своей продукции, выбираются аналоги высшего, среднего или низшего уровня.

Практическая работа 5

Методы оценки уровня качества: дифференциальный, комплексный и смешанный методы

Цель работы: изучить методы оценки уровня качества и определить их значение.

Задание 1. Дайте определение следующим понятиям используя ГОСТ 15467-79 «Управление качеством продукции. Основные понятия. Термины и определения»:

Дифференциальный метод оценки качества продукции – _____

Комплексный метод оценки качества продукции – _____

Смешанный метод оценки качества продукции – _____

Задание 2. Требуется дать оценку уровня качества автомобиля особо малого класса на основе сопоставления с аналогами по двум показателям качества: – время разгона до достижения скорости 100 км/ч, t ; – максимальный пробег на 1 л топлива, S . Исходные данные приведены в таблице 5.1.

Таблица 5.1 – Исходные данные

Изделия	Исходные показатели качества	
	t , с.	S , км
Оцениваемая продукция	28	16,8
Аналог № 1	16	17,2
Аналог № 2	32	16,2
Аналог № 3	20	15,6

Методические рекомендации для решения задания 2

Дифференциальный метод оценки заключается в том, что значения показателей оцениваемой продукции сравниваются с базовыми. Имеются показатели качества оцениваемой продукции X_1, X_2, \dots, X_n и соответствующие показатели качества базового образца $X_{1б}, X_{2б}, \dots, X_{nб}$. Для сопоставления

показателей дифференциальным методом вычисляют значения относительных показателей качества продукции по формулам:

$$Q_i = \frac{x_i}{x_{i6}}, i = 1, 2, \dots, n \quad (5.1)$$

$$Q_i = \frac{x_{i6}}{x_i}, \quad (5.2)$$

где x_i – значение i -го показателя качества оцениваемой продукции; x_{i6} – значение i -го базового показателя; n – количество рассматриваемых показателей качества продукции.

В зависимости от характера показателя качества выбирают ту или иную из этих формул. Для позитивных показателей, с увеличением значений которых качество повышается, выбирают формулу (5.1), а для негативных показателей, с увеличением значений которых качество продукции снижается, выбирают формулу (5.2). Вместо применения формулы (5.2) можно i -ый негативный показатель заменить соответствующим позитивным.

В тех случаях, когда значение $Q_i > 1$ по данному i -му показателю, оцениваемая продукция превосходит базовый образец, если $Q_i = 1$, то она соответствует базовому образцу, а если $Q_i < 1$, то уступает ему.

При использовании дифференциального метода можно не вычислять значения относительных показателей Q_i . Достаточно фиксировать результат сопоставления по каждому i -му показателю в качественной форме: продукция по i -му показателю превосходит базовый образец, соответствует или уступает ему. В результате сопоставления показателей дифференциальным методом могут быть сформулированы следующие результаты оценивания в качественной форме:

1) уровень качества оцениваемой продукции выше уровня базового образца, если все значения $Q_i \geq 1$, причем хотя бы одно значение $Q_i > 1$ (т. е. продукция по всем показателям не уступает базовому образцу и хотя бы по одному превосходит);

2) уровень качества оцениваемой продукции равен уровню базового образца, если все значения $Q_i = 1$ (т. е. продукция по всем показателям соответствует базовому образцу);

3) уровень качества оцениваемой продукции ниже уровня базового образца, если все значения $Q_i \leq 1$, причем хотя бы одно значение строго меньше единицы: $Q_i < 1$ (т. е. продукция по всем показателям не превосходит базовый образец и хотя бы по одному показателю уступает ему). В случаях, когда часть значений относительных показателей качества $Q_i > 1$, а часть $Q_i < 1$ (т. е. продукция по одним показателям превосходит базовый образец, а по другим уступает ему), дифференциальный метод не дает результата и следует применить комплексный метод.

РЕШЕНИЕ

1. Определим характеристику показателей.

--

2. Проведем преобразование показателей.

--

Результаты преобразования исходных показателей, представлены в таблице 5.2.

Таблица 5.2 – Результаты преобразования исходных показателей

Изделия	Позитивные		Негативные	
	$a, \text{ м/с}^2$	$S, \text{ км}$	$t, \text{ с}$	$v, \text{ л/км}$
Оцениваемая продукция				
Аналог № 1				
Аналог № 2				
Аналог № 3				

3. При дифференциальном методе оцениваемая продукция сопоставляется с базовым образцом по показателям, принятым для сравнения. В качестве базовых образцов принимаются поочередно каждый из трех аналогов. Сопоставление осуществляется по позитивным и по негативным вариантам показателей.

Сопоставление с первым аналогом.

– по позитивным показателям

--

– по негативным показателям:

--

Вывод: _____

Сопоставление со вторым аналогом.

– по позитивным показателям

--

– по негативным показателям:

--

Вывод: _____

Сопоставление с третьим аналогом.

– по позитивным показателям

--

– по негативным показателям:

--

Вывод: _____

Задание 3. Оценка уровня качества автомобиля особо малого класса на основе сопоставления с аналогами дифференциальным методом результата не дала (задание 1), поэтому применим комплексный метод средневзвешенного показателя. Сравнение будем производить по позитивным показателям, поэтому исходными данными будут показатели из столбца «Позитивные показатели» в таблице 5.2.

Исходные показатели a и S необходимо преобразовать в нормированные значения a_n и S_n для дальнейших расчетов.

Провести расчет средневзвешенного показателя для двух вариантов величин коэффициентов весомости:

– в первом варианте коэффициент весомости для a_n принят равным 0,4, а коэффициент весомости для S_n принят равным 0,6;

– во втором варианте коэффициент весомости для a_n принят равным 0,2, а коэффициент весомости для S_n принят равным 0,8.

Методические рекомендации для решения задания 3

Комплексный метод оценки уровня качества предусматривает использование определяющего показателя качества, т. е. когда целесообразно характеризовать уровень качества одним показателем. Уровень качества определяется отношением обобщенного показателя качества оцениваемой продукции ($Q_{оц}$) к обобщенному показателю базового образца ($Q_{баз}$), т. е.

$$K = \frac{Q_{оц}}{Q_{баз}}, \quad (5.3)$$

При использовании комплексных показателей оценка является числом, поэтому вывод о сопоставительной оценке очевиден: оцениваемая продукция признается соответствующей уровню качества, определяемому данной группой аналогов, если

$$K_{min} \leq K_{оп} \leq K_{max}, \quad (5.4)$$

где $K_{оп}$ – комплексный показатель качества оцениваемой продукции; K_{min} , K_{max} – минимальное и максимальное значение комплексного показателя качества аналогов соответственно.

Если $K_{оп} < K_{min}$, то оцениваемая продукция уступает уровню качества данной группы аналогов, если $K_{оп} > K_{max}$, то превосходит его.

Показатели качества оцениваемой продукции и аналогов нормируются следующим образом: показатели качества, характеризующие одно свойство, делятся на максимальное значение этого показателя у всех аналогов, включая оцениваемую продукцию, если этот показатель позитивный; если этот показатель позитивный, то его минимальное значение делится на показатели качества каждого из базовых образцов, т. е. нормированные значения показателей качества определяются по формулам

$$Q_{ij} = \frac{x_{ij}}{\max X_{ij}} \quad (5.5)$$

$$Q_{ij} = \frac{\min X_{ij}}{x_{ij}} \quad (5.6)$$

где $i = 1, 2, \dots, m, j = 0, 1, 2, \dots, n$, максимальное и минимальное значения берутся при фиксированных значениях индекса i .

Формула (5.5) применяется для позитивных показателей, формула (5.6) – для негативных.

Оцениваемая продукция признается соответствующей уровню качества, определяемому данной группой аналогов, если

$$Q_{min} \leq Q_o \leq Q_{max}, \quad (5.7)$$

где Q_o – средневзвешенный показатель качества оцениваемой продукции; Q_{min} , Q_{max} – минимальное и максимальное значения средневзвешенных показателей качества аналогов.

Если Q_o меньше Q_{min} , то оцениваемая продукция уступает уровню качества данной группы аналогов, если Q_o больше Q_{max} – то превосходит.

РЕШЕНИЕ

Исходные показатели a и S и их нормированные значения a_n и S_n приведены в таблице 5.3. Нормирование было осуществлено по формуле (5.5).

Таблица 5.3 – Исходные и нормированные показатели качества

Изделия	a	S	a _n	S _n
Оцениваемая продукция				
Аналог № 1				
Аналог № 2				
Аналог № 3				

Результаты расчета арифметических средневзвешенных показателей для двух вариантов величин коэффициентов весомости приведены в таблице 5.4.

Таблица 5.4 – Результаты расчета

Изделия	0,4 a _n	0,6 S _n	Q ₁	0,2 a _n	0,8 S _n	Q ₂
Оцениваемая продукция						
Аналог № 1						
Аналог № 2						
Аналог № 3						

Значения средневзвешенного арифметического показателя качества $\overline{Q_1}$ для первого варианта представлены в четвертом столбце, значения

средневзвешенного арифметического показателя качества \overline{Q}_2 для второго варианта представлены в седьмом столбце.

Вывод: по убыванию средневзвешенного показателя сопоставляемые объекты в первом варианте располагаются в порядке: _____

Во втором варианте этот порядок другой: _____

_____ средневзвешенный показатель качества оцениваемой продукции находится _____ интервала минимального и максимального значений средневзвешенного показателя качества аналогов.

Оцениваемая продукция по уровню качества _____ аналогам.

Практическая работа 6

Методы определения комплексного показателя качества: определение комплексного показателя по принципу среднего взвешенного, способом ранжирования по трехуровневой шкале, при помощи рангов и баллов, с использованием функции желательности

Цель работы: изучить методику комплексирования показателей качества по различным методам и определить его значение.

6.1 *Определение комплексного показателя по принципу среднего взвешенного*

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

Q_1 – срок службы судна, лет;

Q_2 – ресурс главного двигателя, ч (с учетом их весов a_1 и a_2). Оба единичных показателя качества размерные.

По данным таблицы 6.1, определить значение комплексного показателя качества с помощью:

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

Таблица 6.1 – Исходные данные для выполнения задания 1

Q_1 , лет	Q_2 , 10^5 ч	a_1	a_2	Q_{1n} , лет	Q_{2n} , 10^5 ч
12	1,8	0,6	0,4	15	2,0

Методические рекомендации для решения задания 1

Среднее арифметическое взвешенное определяется по формуле:

$$\bar{Q} = \sum_{i=1}^m a_i \cdot Q_i \quad (6.1)$$

Среднее геометрическое взвешенное определяется по формуле:

$$\bar{Q} = \prod_{i=1}^m Q_j^{a_i} \quad (6.2)$$

Среднее гармоническое взвешенное определяется по формуле:

$$\tilde{Q} = \frac{1}{\sum_{i=1}^m \frac{a_i}{Q_i}} \quad (6.3)$$

Среднее квадратическое взвешенное

$$\tilde{Q} = \sqrt{\sum_{i=1}^m a_i Q_i^2} \quad (6.4)$$

РЕШЕНИЕ

Результаты определения значений комплексного показателя качества по принципу среднего взвешенного представить в виде таблицы 6.2.

Таблица 6.2 – Результаты определения значений комплексного показателя качества

Q ₁ отн	Q ₂ отн	Q̄	Q̄	Q̃	Q̄

6.2 Способ ранжирования по трехуровневой шкале

Задание 2. Комплексный показатель качества – уровень знаний выпускников при итоговой аттестации – определяют с помощью среднего арифметического взвешенного, объединяя единичные показатели качества:

Q₁ – актуальность; Q₂ – доклад; Q₃ – содержание; Q₄ – ответы на вопросы; Q₅ – внедрение; Q₆ – публикации; Q₇ – новизна; Q₈ – применение компьютерной технологии; Q₉ – оформление (с учетом их весов a₁, a₂, ..., a₉). Все показатели безразмерные.

Определить комплексный показатель – уровень знаний выпускника при следующих значениях весовых коэффициентов: a₁ = 0,12; a₂ = 0,2; a₃ = 0,15; a₄ = 0,15; a₅ = 0,18; a₆ = 0,055; a₇ = 0,045; a₈ = 0,065; a₉ = 0,035.

Уровни единичных показателей, проставленных семью экспертами, приведены в таблице 6.3.

Таблица 6.3 – Уровни единичных показателей

Эксперты	Q1	Q2	Q3	Q4	Q5	Q6	Q7	Q8	Q9
1	В	В	В	С	Н	Н	В	Н	В
2	С	В	С	В	Н	Н	С	Н	В
3	В	С	В	С	Н	Н	С	Н	С
4	С	С	В	В	Н	Н	С	Н	С
5	С	С	С	С	Н	Н	Н	Н	С
6	В	В	С	С	Н	С	Н	Н	С
7	С	В	С	С	Н	С	Н	Н	С

Методические рекомендации для решения задания 2

Одним из основных способов комплексирования показателей качества является ранжирование по трехуровневой шкале. Его применяют в тех случаях, когда определение числовых значений единичных показателей качества сложно и дорого.

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

$$Q = 1 - \frac{n_n}{n} - 0,5 \cdot \frac{n_c}{n} \quad (6.5)$$

где n_n и n_c – число единичных показателей низкого и среднего уровня соответственно; n – число комплексизируемых единичных показателей.

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

$$Q = 1 - \sum_{i=1}^{n_n} a_{nj} - 0,5 \sum_{i=1}^{n_c} a_{cj} \quad (6.6)$$

где n_n и n_c – число показателей низкого и среднего уровня соответственно; a_{nj} и a_{cj} – нормированный вес единичного показателя качества низкого и среднего уровня соответственно, а требования нормирования сводятся к тому, чтобы сумма весов всех единичных показателей качества равнялась единице.

РЕШЕНИЕ

Результаты определения значения комплексного показателя по трехуровневой шкале представить в виде таблицы 6.4.

Таблица 6.4 – Результаты определения значения комплексного показателя

	Q1	Q2	Q3	Q4	Q5	Q6	Q7	Q8	Q9
Q без вес.									
a_{nj}									
a_{cj}									
Q с вес.									

Определение комплексного показателя – уровень знаний выпускника без учета весомости

--

Определение комплексного показателя – уровень знаний выпускника с учетом весомости

--

Вывод: _____

6.3 Определение комплексного показателя по рангам и баллам

Задание 3. Дано 5 образцов ткани (табл. 6.5). Необходимо сравнить качество по относительным показателям качества, с помощью рангов и баллов по следующим единичным показателям: x_1 – усадка от химчистки, %; x_2 – коэффициент несминаемости, %; x_3 – стойкость к истиранию, число оборотов.

Таблица 6.5 – Единичные показатели образцов ткани

№	x_1	x_2	x_3
1	1,5	74	6000
2	4,0	75	6100
3	1,6	65	4000
4	5,0	66	2000
5	4,7	70	2000
a_i	0,2	0,3	0,5

Для балловой комплексной оценки показателей качества приведены в таблице 6.6 нормы.

Таблица 6.6 – Нормы для балловых комплексных оценок

Норма	x_1	x_2	x_3	Балл
N1	1,5	75	5000	5
N2	3,0	70	4000	4
N3	4,5	65	3000	3

Методические рекомендации для решения задания 3

Ранговые оценки показателей качества являются безразмерными, они означают порядковое место материала при сравнительной оценке качества

нескольких однородных материалов. Лучший материал оценивается рангом $R = 1$, худший рангом $R = m$, где m – число сравниваемых материалов. При этом возможны и одинаковые оценки качества нескольких материалов, но в этом случае сумма рангов должна составлять $\frac{m \cdot (m-1)}{2}$.

Дискретные ранговые оценки имеют недостаток – численно близкие показатели оцениваются существенно отличающимися рангами. В подобном случае возможна ошибка при сравнительной оценке качества материалов. Этого можно избежать, если использовать *непрерывные ранговые оценки* R_{ni} подсчитанные по формулам:

$$\text{для позитивных показателей} - R_{ni} = R_{max} - \frac{(R_{max}-R_{min}) \cdot (x_i-x_{min})}{(x_{max}-x_{min})}, \quad (6.7)$$

$$\text{для негативных показателей} - R_{ni} = R_{min} + \frac{(R_{max}-R_{min}) \cdot (x_i-x_{min})}{(x_{max}-x_{min})}, \quad (6.8)$$

где R_{max} и R_{min} – максимальные и минимальные ранговые оценки соответственно худшего и лучшего материала; x_i – величина показателя качества для i -го материала; x_{max} и x_{min} – максимальная и минимальная величины показателей качества сравниваемых материалов.

Балловые комплексные оценки показателей качества могут быть дискретными и непрерывными.

Непрерывные балловые оценки рассчитываются по следующим формулам:

$$\text{для позитивных показателей} - B_{ni} = B_{min} + \frac{(B_{max}-B_{min}) \cdot (x_i-x_{min})}{(x_{max}-x_{min})}, \quad (6.9)$$

$$\text{для негативных показателей} - B_{ni} = B_{max} - \frac{(B_{max}-B_{min}) \cdot (x_i-x_{min})}{(x_{max}-x_{min})}, \quad (6.10)$$

где B_{max} и B_{min} – максимальные и минимальные балловые оценки соответственно лучшего и худшего материала; x_i – величина показателя качества для i -го материала; x_{max} и x_{min} – максимальная и минимальная величины показателей качества сравниваемых материалов.

Для пересчета первичных размерных показателей x_i в *дискретные балловые оценки* необходимо наличие трех граничных норм N_1, N_2, N_3 . Если позитивный показатель $x \geq N_1$, а негативный $x \leq N_1$, их оценивают баллом $B = 5$. При соответствующих соотношениях позитивных и негативных показателей $N_1 > x \geq N_2$, или $N_1 < x \leq N_2$, они оцениваются баллом $B = 4$; если же $N_2 > x \geq N_3$ или $N_2 < x \leq N_3$, оценивают баллом $B = 3$; наконец, значение $x < N_3$ или $x > N_3$ оценивают баллом 0 или 1.

Для подсчета комплексных показателей качества используют формулы, приведенные среднего арифметического, гармонического и геометрического, а также комбинированную комплексную оценку К:

$$K = \sqrt{Q \cdot q_x} \quad (6.11)$$

где Q – средняя арифметическая комплексная оценка; q_x – наихудший показатель качества.

РЕШЕНИЕ

Результаты определения комплексных оценок по относительным показателям качества представить в виде таблицы 6.7, с помощью рангов – в виде таблицы 6.8, с помощью баллов – в виде таблицы 6.9.

Таблица 6.7 – Комплексные оценки по относительным показателям качества

№	единичные			относительные			комплексные				Место по показателям	
	x_1	x_2	x_3	q_1	q_2	q_3	К	G	Н	K_G	К и G	Н и K_G
1	1,5	74	6000									
2	4,0	75	6100									
3	1,6	65	4000									
4	5,0	66	2000									
5	4,7	70	2000									
α_i	0,2	0,3	0,5	0,2	0,3	0,5	–	–	–	–		

Таблица 6.8 – Ранговые комплексные оценки качества

№	дискретные			непрерывные			дискретные				непрерывные			
	R_1	R_2	R_3	R_{H1}	R_{H2}	R_{H3}	К	G	Н	K_G	K_H	G_H	H_H	K_{GH}
1														
2														
3														
4														
5														
α_i	0,2	0,3	0,5	0,2	0,3	0,5	–	–	–	–	–	–	–	–

Таблица 6.9 – Балловые комплексные оценки показателей качества

№	дискретные			непрерывные			дискретные				непрерывные			
	B ₁	B	B ₃	B _{н1}	B _{н2}	B _{н3}	K	G	H	K _G	K _н	G _н	H _н	K _{Gн}
1														
2														
3														
4														
5														
α _i	0,2	0,3	0,5	0,2	0,3	0,5	–	–	–	–	–	–	–	–

Вывод: _____

6.4 Определение комплексных оценок с использованием функции желательности

Задание 4. Дано 5 образцов ткани (табл. 6.5). Необходимо сравнить качество с использованием функции желательности по следующим единичным показателям: x_1 – усадка от химчистки, %; x_2 – коэффициент несминаемости, %; x_3 – стойкость к истиранию, число оборотов.

Методические рекомендации для решения задания 4

Показатели желательности – безразмерные не дискретные характеристики качества, изменяющиеся в пределах от 0 до 1 даже при очень большом и неограниченном диапазоне изменения размерных показателей качества. Вычисляют показатели желательности d с помощью вспомогательных безразмерных показателей y по следующим формулам:

$$d = \exp - \frac{1}{y} = \frac{1}{e^{1/y}}, \quad (6.12)$$

где $0 < y < \infty$;

$$d = \exp[-\exp - y] = \frac{1}{e^{1/e^y}}, \quad (6.13)$$

где $-\infty < y < \infty$.

Формула (6.13) более универсальна, так как пригодна для положительных и отрицательных значений y .

Вначале размерные значения X натуральных показателей качества пересчитывают в безразмерные показатели y по формуле:

$$y = a_0 + a_1 \cdot x, \quad (6.14)$$

или

$$y = a_0 + a_1 \cdot x + a_2 \cdot x^2, \quad (6.15)$$

Чтобы найти постоянные a_0 , a_1 и a_2 в формулах (6.14) и (6.15), необходимо иметь граничные значения показателей желательности для четырех градаций качества и соответствующих им безразмерных значений y (табл. 6.10), а также размерных показателей X .

Таблица 6.10 – Градации качества

Градации качества	Первый вариант			Второй вариант		
	d	Y		d	Y	
		(11.1)	(11.2)		(11.1)	(11.2)
Отлично	$\geq 0,80$	$\geq 4,50$	$\geq 0,80$	$\geq 0,80$	$\geq 4,50$	$\geq 1,53$
Хорошо	$\geq 0,63$	$\geq 2,18$	$\geq 0,63$	$\geq 0,60$	$\geq 1,96$	$\geq 0,67$
Удовлетворительно	$\geq 0,37$	$\geq 1,00$	$\geq 0,37$	> 0	> 0	$\geq -2,00$
Плохо	$< 0,37$	$0 < 1$	$< 0,37$	0	0	$< -2,00$

Второй вариант таблицы 6.10 предпочтительнее, так как по нему плохой материал имеет $d = 0$.

Зная значения X для двух или трех качественных градаций с известными для них по таблице 6.10 значениями y , подставляют их в уравнение (6.14) или (6.16) и вычисляют коэффициенты a_0 и a_1 или a_0 , a_1 и a_2 .

РЕШЕНИЕ

1. Расчет коэффициентов уравнения

a_0		

a_1		

2. На основании рассчитанных коэффициентов уравнения произвести расчет безразмерных показателей, результаты отразить по форме таблицы 6.11.

Таблица 6.11 – Расчет безразмерных показателей

№	единичные			безразмерные		
	x_1	x_2	x_3	y_1	y_2	y_3
1	1,5	74	6000			
2	4,0	75	6100			
3	1,6	65	4000			
4	5,0	66	2000			
5	4,7	70	2000			
α_i	0,2	0,3	0,5	0,2	0,3	0,5

2. На основании данных таблицы 6.11 определяют комплексные оценки по показателям желательности и сводят результаты в таблицу 6.12.

Таблица 6.12 – Комплексные оценки по показателям желательности

№	единичные			желательности			комплексные			
	x_1	x_2	x_3	d_1	d_2	d_3	К	G	Н	K_G
1	1,5	74	6000							
2	4,0	75	6100							
3	1,6	65	4000							
4	5,0	66	2000							
5	4,7	70	2000							
α_i	0,2	0,3	0,5	0,2	0,3	0,5	–	–	–	–

Вывод: _____

_____.

Практическая работа 7

Аналитические методы определения коэффициентов весоности единичных свойств продукции: метод стоимостных регрессионных зависимостей, метод номинальных и предельно допустимых значений, метод эквивалентных соотношений

Цель работы: изучить особенности применения метода эквивалентных соотношений и метода номинальных и предельно допустимых значений для расчёта коэффициентов весоности.

Задание 1. Дайте определение следующим понятиям, используя ГОСТ 15467-79 «Управление качеством продукции. Основные понятия. Термины и определения»:

Регламентированное значение показателя качества продукции – _____

Номинальное значение показателя качества продукции – _____

Предельное значение показателя качества продукции – _____

7.1 Метод стоимостных регрессионных зависимостей

Задание 2. Определить уровень качества изготовления пяти новых приборов мощностью около 1,5 кВт и определить оптимальный из пяти вариантов технологий, применяемых при сборке.

Таблица 7.1 – Показатели качества работы изготовления новых приборов

Вариант технологии	Мощность, кВт	Крутящий момент, кгс·м	Стоимость, тыс. руб.
1	1,5	67	18,3
2	1,7	70	20,0
3	1,2	66	18,6
4	1,3	68	18,3
5	1,6	69	18,6

Методические рекомендации для решения задания 2

Этот метод основан на построении приближенных зависимостей между затратами на создание и эксплуатацию продукции данного вида (или пропорциональными им показателями) и показателями качества продукции.

Для среднего взвешенного геометрического показателя для построения регрессионной зависимости между затратами и показателями качества следует использовать следующее выражение:

$$\lg \frac{S}{S_{\text{cp}}} = \sum_{i=1}^n a_i \lg \frac{p_i}{p_{i\text{cp}}} \quad (7.1)$$

где S_{cp} и $p_{i\text{cp}}$ – величины, полученные усреднением по всем вариантам продукции фактических затрат и показателей качества; a_i – параметры аппроксимации, определяемые методом «наименьших квадратов». В этом случае параметры аппроксимации являются коэффициентами весомости.

Выражение для линейной регрессионной зависимости имеет вид

$$Y_k = \sum_{i=1}^n a_i X_{ik}, \quad (7.2)$$

где a_i – коэффициент весомости показателя p_i ;

$$X_{ik} = \lg \frac{p_{ik}}{p_{i\text{cp}}}; \quad (7.3)$$

$$Y_k = \lg \frac{S_k}{S_{\text{cp}}}; \quad (7.4)$$

$$p_{i\text{cp}} = \frac{\sum_{k=1}^N p_{ik}}{N}; \quad (7.5)$$

$$S_{\text{cp}} = \frac{\sum_{k=1}^N S_k}{N}. \quad (7.6)$$

Регрессионная зависимость между показателями качества строится с помощью формул:

$$a_1 \cdot \sum_{i=1}^m y_{i1} \cdot y_{i1} + a_2 \cdot \sum_{i=1}^m y_{i2} \cdot y_{i1} = \sum_{i=1}^m y_{i1} x^k \quad (7.7)$$

$$a_1 \cdot \sum_{i=1}^m y_{i1} \cdot y_{i2} + a_2 \cdot \sum_{i=1}^m y_{i2} \cdot y_{i2} = \sum_{i=1}^m y_{i2} x^k \quad (7.8)$$

Параметры весомости рассчитываются методом наименьших квадратов по формулам:

$$a_1 = \frac{\sum_{k=1}^m y_{i1} x^k \cdot \sum_{k=1}^m (y_{i2}^k)^2 - (\sum_{k=1}^m y_{i2} \cdot x^k) \cdot (\sum_{k=1}^m y_{i1} \cdot y_{i2})}{\sum_{k=1}^m (y_1^k)^2 \cdot \sum_{k=1}^m (y_2^k)^2 - (\sum_{k=1}^m (y_{i1} y_{i2}))^2} \quad (7.9)$$

$$a_2 = \frac{\sum_{k=1}^m y_{i2} x^k \cdot \sum_{k=1}^m (y_{i1}^k)^2 - (\sum_{k=1}^m y_{i1} \cdot x^k) \cdot (\sum_{k=1}^m y_{i1} \cdot y_{i2})}{\sum_{k=1}^m (y_1^k)^2 \cdot \sum_{k=1}^m (y_2^k)^2 - (\sum_{k=1}^m (y_{i1} y_{i2}))^2} \quad (7.10)$$

Оптимальному варианту должно соответствовать наибольшее значение интегрального показателя, определяемого по формуле:

$$I^k = \frac{\frac{p^k}{p^{cp}}}{\left(\frac{S_1^k}{S_1^{cp}}\right) a_1 \cdot \left(\frac{S_2^k}{S_2^{cp}}\right) a_2} \quad (7.11)$$

РЕШЕНИЕ

Таблица 7.2 – Величины X_{in} , Y_{in} ($i = 1 \dots 2$, $n = 1 \dots 5$), требуемые для построения регрессионной зависимости

Вариант технологии	X_{1n}	X_{2n}	Y_{1n}
1			
2			
3			
4			
5			

Регрессионная зависимость между показателями строится с помощью формулы (7.2) следующим образом

--

Коэффициенты весомости рассчитываются методом наименьших квадратов по формулам (7.9–7.10)

α_1	
------------	--

α_2	
------------	--

Оптимальному варианту приборов должно соответствовать наибольшее значение интегрального показателя качества, определяемого по формуле (7.11).

$$I_1 =$$

$$I_2 =$$

$$I_3 =$$

$$I_4 =$$

$$I_5 =$$

Вывод: анализируя полученные результаты вычислений, можно сделать вывод, что лучшим является _____ вариант прибора, для которого величина интегрального показателя качества наибольшая и равна _____.

7.2 Метод предельных и номинальных значений

Задание 3. Необходимо оценить качество часов новой марки с помощью среднего взвешенного показателя, называемого в часовой промышленности оценочным числом N . Уменьшение значения соответствует улучшению качества часов.

Исходные данные для расчета коэффициентов весомости приведены в таблицах 7.3–7.4.

Таблица 7.3 – Данные результатов испытаний партии часов

Предельные значения показателей	Величина показателей	Номинальные значения показателей	Величина показателей
P_{1n}	150	$P_{1н}$	120
P_{2n}	150	$P_{2н}$	78
P_{3n}	8	$P_{3н}$	0,8

Таблица 7.4 – Показатели качества часов новой модели и базового образца

Показатели качества	Новая модель
P_1	93
P_2	82
P_3	5,1

Методические рекомендации для решения задания 3

Этот метод используется в тех случаях, когда известны проверенные на опыте предельно допустимые значения для показателей качества продукции данного вида, определяющие требования к годной продукции или принадлежность ее к данной категории качества.

Основу метода предельных и номинальных значений составляет посылка, что важность свойства характеризуется степенью приближения номинального (среднего) значения показателя качества к его предельному значению. Среди всех свойств изделия всегда стремятся приблизить к предельному значению наиболее важные, определяющие свойства.

Коэффициенты весомости для среднего взвешенного арифметического показателя можно рассчитать по формуле:

$$a_i = \frac{\frac{P_i}{P_{iн} - P_{in}}}{\sum_{i=1}^n \frac{P_i}{P_{iн} - P_{in}}} \quad (7.12)$$

где $P_{iн}$ – номинальное (среднее статистическое) значение для показателя качества; P_{in} – предельное значение для показателя качества.

Оценочное число представляют в виде среднего взвешенного арифметического показателя качества часов

$$N = \alpha_1 P_1 + \alpha_2 P_2 + \alpha_3 P_3 ,$$

где P_1 – изохронная погрешность, характеризующая точность хода часов в одном положении при разной степени заводки, с; P_2 – позиционная погрешность, характеризующая точность хода часов при изменении положения, с; P_3 – температурный коэффициент, характеризующий точность хода часов при изменении температуры, с/град; $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3$ – коэффициенты весомости указанных показателей качества часов, соответственно.

РЕШЕНИЕ

Рассчитаем коэффициент весомости $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3$ по вышеприведенным формулам

α_1	
------------	--

α_2	
------------	--

α_3	
------------	--

Оценочное число новой модели

--

Вывод: _____

7.3 Метод эквивалентных соотношений

Задание 4. Основными единичными показателями качества композиционного материала являются: содержание в нем наполнителя C_n , твердость H , прочность f_p и сопротивление истиранию β . При увеличении каждого из этих показателей на 1 % производительность литейной машины в первых трех случаях снижается соответственно на 4, 3, 2 %, а в четвертом случае – повышается на 5 %. Оценить уровень качества композиционного материала, значения основных показателей качества которого соответствуют требованиям стандарта. Исходные данные для расчета обобщенного показателя качества приведены в таблице 7.5

Таблица 7.5 – Исходные данные

Показатель качества	Значение показателя качества		Коэффициент весомости
	оцениваемый образец	базовый образец	
C_n	2,5	3	-4
H	80	85	-3
f_p	2,8	3,0	-2
β	4,0	2,5	+5

Методические рекомендации для решения задания 4

Этот метод применяется в случаях, когда удастся обосновать, какому относительному изменению количества продукции $\Delta\xi / \xi$ эквивалентно с точки зрения общего эффекта от использования продукции по назначению, рассматриваемое относительное изменение данного показателя качества $\Delta P_i / P_i$. Другими словами, известно на сколько процентов можно уменьшить число единиц продукции, чтобы обеспечить те же потребности при увеличении данного показателя качества на 1 %.

В этих случаях коэффициенты весомости для средних взвешенных арифметических показателей качества находят по формуле

$$a_i = \frac{\Delta\xi/\xi}{\Delta P_i/P_i}, i = 1, \dots, n, \quad (7.13)$$

где $\frac{\Delta\xi}{\xi}$ – относительное изменение количества продукции; $\frac{\Delta P_i}{P_i}$ – относительное изменение i -го показателя качества.

Комплексный показатель производительности представляют в виде среднего взвешенного арифметического

$$U = a_1 C_n + a_2 H + a_3 f_p + a_4 \beta \quad (7.14)$$

где коэффициенты весомости естественно выбрать равными изменению производительности печи при увеличении значений перечисленных единичных показателей качества на 1 %.

РЕШЕНИЕ

Уровень качества оцениваемого композиционного материала определяется формулой (7.14)

Вывод: полученный результат свидетельствует о том, что уровень качества оцениваемого композиционного материала в _____ базового уровня.

Практическая работа 8

Оценка уровня качества разнородной продукции: определение индексов качества продукции

Цель работы: получить практические навыки систематизации выборочных данных и построения эмпирического закона распределения значений исследуемого показателя качества.

Задание 1. Предприятие занимается поставкой на мировой рынок трёх сортов кофе: первого, высшего и экстра прима. Нужно оценить уровень их качества в текущем интервале времени. Показатель качества – количество зёрен без дефектов на 300 г кофе. Кофе самого лучшего сорта – экстра прима – должен содержать не менее 281 зерна без дефектов, высшего – не менее 227, первого – не менее 190. В зависимости от номера варианта, выданного преподавателем, представить оцениваемое содержание зерен, количество и оптовую цену по форме таблицы 8.1.

Таблица 8.1 – Исходные данные для задания 1

Сорт кофе	Содержание зёрен без дефектов		Количество, кг	Оптовая цена за 1 кг, тыс. руб.
	базовое	оцениваемое		
Экстра прима	281			
Высший сорт	227			
Первый сорт	190			

Рассчитайте и установите индекс качества и уровень качества кофе.

Методические рекомендации для решения задания 1

Индексом качества продукции называется комплексный показатель качества разнородной продукции, равный среднему взвешенному значению относительных показателей качества различных видов продукции за рассматриваемый период.

Наиболее часто индекс качества вычисляют на основе главного показателя. Обычно это производительность или долговечность изделий.

Главный показатель качества может быть комплексным.

Для нескольких s видов продукции индекс качества вычисляется по формуле

$$U_k = \frac{\sum_{i=1}^s N_i Q_i C_i}{\sum_{i=1}^s N_i C_i} \quad (8.1)$$

где Q_i – относительный позитивный показатель качества i -го вида продукции;
 N_i – количество изделий i -го вида или объём i -й продукции в текущем периоде;
 C_i – оптовая цена продукции i -го вида, р.

Вычисляем индекс качества по формуле (8.1)

--

Устанавливаем уровень качества кофе

--

Вывод: _____

Задание 2. Предприятие выпускает оцинкованную листовую сталь трёх видов: 08ПС, 08КП, 08Ю. В каждый её вид входит продукция I и II сорта с соответствующей ценой в зависимости от номера варианта, выданного преподавателем (табл. 8.2).

Таблица 8.2 – Исходные данные для задания 2

Сорт	08ПС			08КП			08Ю		
	N_i , кг	C_i , р./кг	$N_i C_i$	N_i , кг	C_i , р./кг	$N_i C_i$	N_i , кг	C_i , р./кг	$N_i C_i$
I									
II									

Рассчитайте коэффициент сортности.

Методические рекомендации для решения задания 2

Когда оцениваемая продукция имеет сортность, в роли индекса качества можно применить коэффициент сортности, равный отношению фактической стоимости выпущенной продукции в оптовых ценах к её условной стоимости при допущении, что вся она выпущена высшим сортом

$$K_c = \sum_{i=1}^s \frac{\sum_{k=1}^n C_{ik} N_{ik}}{\sum_{i=1}^s C_{iv} \sum_{k=1}^n N_{ik}} \quad (8.2)$$

где s – количество видов продукции; n – количество сортов продукции; C_{ik} – цена продукции i -го вида k -го сорта; N_{ik} – объём выпуска продукции i -го вида k -го сорта; C_{iv} – цена продукции i -го вида наивысшего сорта.

Вычисляем коэффициент сортности по формуле (8.2)

--

Вывод: _____

_____.

Задание 3. Для кофейных зёрен всех сортов установлены четыре вида дефектов (1 – ломаное зерно, 2 – незрелое зерно, 3 – повреждённое зерно и 4 – зерно неправильной формы). При проверке выборки из _____ зёрен было обнаружено _____ дефектов. Необходимо определить коэффициент дефектности данного вида продукции. В зависимости от номера варианта, выданного преподавателем, представить коэффициенты весоности и число дефектов по форме таблицы 8.3.

Таблица 8.3 – Исходные данные для задания 3

Дефект	Коэффициенты весоности m_j , %	Число дефектов в выборке r_j	$m_j r_j$, %
1			
2			
3			
4			
Всего			

Методические рекомендации для решения задания 3

Видами индексов качества являются коэффициент и индекс дефектности продукции. Они характеризуют качество продукции, находящейся в процессе изготовления, и используются при оценке качества труда в отдельных производственных подразделениях (цех, участок).

Коэффициент дефектности – среднее взвешенное количество дефектов, приходящееся на единицу продукции i -го вида:

$$K_{di} = \frac{\sum_{j=1}^d m_j r_j}{n}, \quad (8.3)$$

где d – число видов дефектов в данной продукции; m_j – коэффициент весоности дефектов j -го вида; r_j – число дефектов j -го вида; n – объём выборки продукции.

Вычисляем коэффициент дефектности по формуле (8.3)

--

Вывод: _____

_____.

Задание 4. В зависимости от номера варианта, выданного преподавателем, для трёх видов продукции привести базовые $K_{дi}^6$ и фактические значения $K_{дi}$ показателя дефектности, объёмы выпуска продукции в условных единицах C_N по форме таблицы 8.4.

Таблица 8.4 – Исходные данные для задания 4

i	$K_{дi}$	$K_{дi}^6$	C_N	q_i	$C_N q_i$
1					
2					
3					
Всего					

Определите индекс дефектности для всей продукции и установите уровень дефектности продукции.

Методические рекомендации для решения задания 4

Коэффициенты весомости m_j можно определять экспертным методом или принимать пропорциональными стоимости устранения дефектов.

Относительный показатель дефектности продукции i -го вида

$$q_{дi} = \frac{K_{дi}}{K_{дi}^6}, \quad (8.4)$$

где $K_{дi}^6$ – базовое значение коэффициента дефектности, принятое по результатам работы предприятия в прошлом периоде (году, месяце и т. д.).

Если вычислены значения $q_{дi}$ для всех s видов продукции, то индекс дефектности разнородной продукции

$$U_{д} = \frac{\sum_{i=1}^s C_N q_{дi}}{\sum_{i=1}^s C_N} \quad (8.5)$$

где C_N – сумма, на которую выпущено продукции i -го вида за рассматриваемый период.

Вычисляем индекс дефектности по формуле (8.5)

--

Устанавливаем уровень дефектности

--

Вывод: _____

Практическая работа 9

Экспертные методы определения весовых коэффициентов: способ ранжирования, непосредственного оценивания (балльный), попарного сопоставления, двойного попарного сопоставления и последовательных сопоставлений

Цель работы: изучить разновидности экспертного метода оценки уровня качества продукции и методы обработки полученных экспертных оценок.

9.1 Метод оценки ранжированием

Задание 1. Мнения пяти экспертов о семи объектах экспертизы выражены следующим образом:

эксперт № 1: $A_5 < A_3 < A_2 < A_1 < A_6 < A_4 < A_7$;

эксперт № 2: $A_5 < A_3 < A_2 < A_6 < A_4 < A_1 < A_7$;

эксперт № 3: $A_3 < A_2 < A_5 < A_1 < A_6 < A_4 < A_7$;

эксперт № 4: $A_5 < A_3 < A_2 < A_1 < A_4 < A_6 < A_7$;

эксперт № 5: $A_5 < A_3 < A_1 < A_2 < A_6 < A_4 < A_7$.

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

Методические рекомендации для решения задания 1

При представлении результатов оценивания качества в виде ранжированного ряда, численное определение итоговых численных оценок качеств состоит в следующем:

- все объекты оценивания (изделия, свойства) нумеруются произвольно;
- эксперты ранжируют объекты по шкале порядка;
- ранжированные ряды объектов, составленные экспертами, сопоставляются;
- определяются суммы рангов S_{Ri} каждого из объектов экспертной оценки;
- на основании полученных сумм рангов строят обобщенный ранжированный ряд;
- обобщенные экспертные оценки качества группы рассматриваемых объектов экспертизы, т. е. коэффициенты их весомости, рассчитываются по формуле:

$$\alpha = \frac{S_{Ri}}{\sum_{i=1}^m S_{Ri}} \quad (9.1)$$

РЕШЕНИЕ

1. Определение суммы рангов

Результаты определения результирующего ранга объектов ранжирования сводятся в таблицу 9.1.

Таблица 9.1 – Определение результирующего ранга объектов ранжирования

Объект ранжирования	Эксперт №					Сумма рангов объектов	Результирующий ранг объекта
	1	2	3	4	5		
1							
2							
3							
4							
5							
6							
7							
Σ	–	–	–	–	–		–

2. Определение коэффициентов весомости членов ряда по формуле (9.1):

$$\alpha_1 =$$

$$\alpha_2 =$$

$$\alpha_3 =$$

$$\alpha_4 =$$

$$\alpha_5 =$$

$$\alpha_6 =$$

$$\alpha_7 =$$

Если сумма весовых коэффициентов $\sum_{i=1}^7 \alpha_i = 1$, следовательно, расчет произведен верно.

В итоге ранжированный ряд, полученный всеми экспертами группы, имеет вид:

9.2 Способ непосредственного оценивания (балльный)

Задание 2. Способ непосредственного оценивания трех объектов по 10-балльной шкале приведен в таблице 9.2.

Таблица 9.2 – Способ непосредственного оценивания трех объектов по 10-балльной шкале

Объект оценивания №	Эксперт №						
	1	2	3	4	5	6	7
1	7	6	5	6	4	7	8
2	9	1	8	7	5	8	1
3	4	1	2	4	3	5	2

Методические рекомендации для решения задания 2

Способ непосредственного оценивания (балльный) представляет собой упорядочение исследуемых объектов в зависимости от их важности путем приписывания баллов каждому из них. Наиболее значимому объекту дается наибольшее количество баллов по принятой шкале, диапазон шкалы оценок обычно принимается от 0 до 1, до 5, до 10 или до 100.

По результатам оценок определяются ранг и весомость (значимость) каждого исследуемого объекта. По результатам оценок экспертов место любого объекта можно определить по формуле:

$$\alpha = \frac{S_{Bi}}{\sum_{i=1}^m S_{Bi}} \quad (9.2)$$

Результаты определения сводятся в таблицу 9.2.

Таблица 9.2 – Определение результатов непосредственного оценивания объектов

Объект оценивания №	Сумма баллов объектов	Результирующий ранг объекта	Весомость объекта
1			
2			
3			

Если сумма весовых коэффициентов $\sum_{i=1}^3 \alpha_i = 1$, следовательно, расчет произведен верно.

9.3 Метод оценки попарным сопоставлением объектов (метод предпочтений)

Задание 3. Мнения эксперта о шести объектах экспертизы выражены следующим образом, как это показано в таблице 9.3. Определить весомость членов ряда и построить ранжированный ряд объектов экспертизы.

Таблица 9.3 – Результаты попарного сопоставления объектов экспертом

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

Методические рекомендации для решения задания 3

Если сравнение объектов по их качеству осуществлять в табличной форме, то сопоставления и расчеты численных значений экспертных оценок производятся по следующей методике.

Эксперт получает таблицу размерностью $n(n-1)$, в которой по горизонтали и вертикали обозначены все сравниваемые свойства. Предпочтение эксперта выражается указанием номера предпочтительного объекта в соответствующей графе таблицы сопоставления.

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

$$\alpha_j = \sum_{i=1}^n \frac{F_{ij}}{n} \quad (9.3)$$

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

$$F_{ij} = \frac{K_{ij}}{c} \quad (9.4)$$

где K_{ij} – число предпочтений i -ым экспертом j -го объекта экспертизы; C – общее число суждений одного эксперта, связанная с числом объектов экспертизы m соотношением:

$$C = \frac{m \cdot (m-1)}{2} \quad (9.5)$$

РЕШЕНИЕ

1. Определение числа и частоты предпочтений

$$C =$$

Результаты определения сводятся в таблицу 9.4.

Таблица 9.4 – Определение числа и частоты предпочтений

Объект экспертизы	K_{ij}	F_{ij}
1		
2		
3		
4		
5		
6		
7		

2. Определение коэффициентов весомости:

$$\alpha_1 =$$

$$\alpha_2 =$$

$$\alpha_3 =$$

$$\alpha_4 =$$

$$\alpha_5 =$$

$$\alpha_6 =$$

$$\alpha_7 =$$

Сумма значений всех показателей весомости рассматриваемых объектов должна быть равна единице, что свидетельствует о том, что показатели оценены экспертами достаточно точно.

9.4 Способ двойного попарного сопоставления

Задание 4. Результаты двойного попарного сопоставления четырьмя экспертами четырех объектов экспертизы представлены в таблице 9.5.

Таблица 9.5 – Результаты двойного попарного сопоставления

1-й эксперт				
Номера объектов экспертизы	1	2	3	4
1	X	1	1	1
2	1	X	3	4
3	1	2	X	3
4	1	2	3	X
2-й эксперт				
Номера объектов экспертизы	1	2	3	4
1	X	2	1	1
2	1	X	3	4
3	1	2	X	3
4	1	2	3	X
3-й эксперт				
Номера объектов экспертизы	1	2	3	4
1	X	1	1	1
2	1	X	3	3
3	1	2	X	3
4	1	2	3	X
4-й эксперт				
Номера объектов экспертизы	1	2	3	4
1	X	1	1	1
2	1	X	3	3
3	1	2	X	3
4	1	2	3	X

Методические рекомендации для решения задания 4

Опыт попарного сопоставления показывает, что в силу особенностей человеческой психики эксперты иногда бессознательно отдают предпочтение не тому объекту экспертизы, который важнее, а тому, который стоит в рассматриваемой паре первым. Чтобы избежать этого проводят двойное или полное попарное сопоставление.

При таком сопоставлении иногда удастся избежать случайных ошибок, кроме того, выявить экспертов, небрежно относящихся к своим обязанностям или не имеющих определенной точки зрения. Иначе говоря, двойное попарное сопоставление обладает более высокой надежностью, чем однократное. Порядок расчетов остается прежним, за исключением

$$C = m \cdot (m - 1) \quad (9.6)$$

При обработке результатов экспертиз, полученных двойным попарным сопоставлением, выполняются те же операции, что при попарном сопоставлении, за исключением того, что число суждений одного эксперта определяется по формуле (9.6).

РЕШЕНИЕ

1. Определение числа и частоты предпочтений

$$C =$$

Результаты определения сводятся в таблицу 9.6.

Таблица 9.6 – Определение числа и частоты предпочтений

Объект экспертизы	K_{ij}	F_{ij}
1		
2		
3		
4		

2. Определение коэффициентов весомости:

$$\alpha_1 =$$

$$\alpha_2 =$$

$$\alpha_3 =$$

$$\alpha_4 =$$

Ранжированный ряд объектов экспертизы имеет вид:

--

9.5 Способ последовательных сопоставлений

Задание 5. В соответствии с результатами задания 4 провести последовательное сопоставление объектов экспертизы.

Методические рекомендации для решения задания 5

Сущность способа последовательных сопоставлений состоит в следующем. Эксперты располагают все показатели качества в порядке их весомости (как при методе предпочтений). Предварительно показателям качества присваиваются балльные оценки их весомости от 1 до 0, т. е. $0 \leq \alpha_i \leq 1$. Весомость самого важного показателя оценивается как 1, всем остальным показателям в порядке уменьшения их значимости присваиваются оценки от 1 до 0.

При определении экспертом весомости наиболее важного показателя должно соблюдаться условие $\alpha_1 > \sum_{i=2}^n \alpha_i$; если оно не соблюдается, эксперт увеличивает α_1 до величины, удовлетворяющей этому условию.

Весомость второго, третьего и т. д. и предпоследнего ($n - 1$) определяется аналогично весомости первого показателя $\alpha_2 > \sum_{i=3}^n \alpha_i$; и т. д.

Обработка и определение параметров весомостей по данным всех экспертов, участвующих в работе, может производиться по формуле метода оценивания.

РЕШЕНИЕ

1. Ранжирование объектов экспертизы в порядке их весомости, присваивание весомости для каждого объекта в соответствии с методикой способа. Результаты необходимо представить по форме 9.7.

Таблица 9.7 – Результаты ранжирования и присваивания весомости

Эксперт	Параметр	Объект экспертизы / Значение весомости			
1	Ранжирование				
	Весомость				
2	Ранжирование				
	Весомость				
3	Ранжирование				
	Весомость				
4	Ранжирование				
	Весомость				

2. Определение коэффициентов весомости по данным всех экспертов, участвующих в работе:

$$\alpha_1 =$$

$$\alpha_2 =$$

$$\alpha_3 =$$

$$\alpha_4 =$$

Практическая работа 10
Применение экспертного метода для определения коэффициентов
весомости единичных показателей качества продукции

Цель работы: ознакомиться с основными этапами проведения экспертного опроса и рассчитать коэффициенты весомости единичных показателей качества продукции при их ограниченном числе.

Задание 1. Дайте определение следующим понятиям, используя ГОСТ 15467-79 «Управление качеством продукции. Основные понятия. Термины и определения» или ГОСТ 23554.0-79 «Система управления качеством продукции. Экспертные методы оценки качества промышленной продукции. Основные положения»:

Коэффициент весомости показателя качества продукции – _____

Экспертный метод определения показателей качества продукции – _____

Значение экспертной оценки качества продукции – _____

Показатель согласованности значений экспертных оценок качества продукции – _____

Показатель воспроизводимости значений экспертных оценок качества продукции – _____

Задание 2. Провести ранжирование единичных показателей качества в зависимости от варианта, выданного преподавателем. Оценить согласованность мнений экспертов относительно важности каждого i -го единичного показателя. Рассчитать коэффициент конкордации W . Вычислить коэффициенты весомости α_i .

Методические рекомендации для решения задания 2

1. Оценить согласованность мнений экспертов относительно важности каждого i -го единичного показателя по формуле (10.1).

$$C_i = \frac{\sigma_i}{R_i} \cdot 100, \quad (10.1)$$

где C_i – коэффициент вариации мнений экспертов по каждому i -му показателю качества; σ_i – среднеквадратическое отклонение по каждому i -му показателю качества

$$\sigma_i = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^m (R_i - R_{ij})^2}{m-1}}, \quad (10.2)$$

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

2. Для выявления экспертов, ранговые оценки которых в большей степени отличаются от суммарных оценок весомости S_i , последние заменяют соответствующими рангами, причем $R(S_i) = 1$ 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:

$$\Delta R_{ij} = |R_{ij} - R(S_i)| \quad (10.3)$$

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.

В дальнейшем рассчитывают коэффициент конкордации W .

3. Для оценки общей согласованности мнений экспертов определяют коэффициент конкордации по формуле:

$$W = \frac{\sum_{i=1}^n (S_i - \bar{S})^2}{\frac{1}{12} m^2 (n^3 - n) - m \sum_{j=1}^m T_j}, \quad (10.4)$$

где $S_i = \sum_{j=1}^m R_{ij}$ – сумма ранговых оценок экспертов по каждому i -му показателю;

$\bar{S} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n S_i = 0,5m(n+1)$ – средняя сумма рангов для всех показателей; n – число

единичных показателей; $T_j = \frac{1}{12} \sum_{g=1}^u (t_g^3 - t_g)$ – 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.

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 χ^2 :

$$\chi^2 = W m (n - 1). \quad (10.5)$$

Если $\chi^2 > \chi^2_{\text{табл}}$, то показатель W значим с установленной вероятностью. Значения $\chi^2_{\text{табл}}$ приведены в таблице 10.1.

Таблица 10.1 – Значения квантиля χ^2 -распределения при различном числе степеней свободы при доверительной вероятности $p = 0,95$

Значения $\chi^2_{\text{табл}}$ при различных значениях $n-1$										
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
6,6	9,2	11,3	13,3	15,1	16,8	18,5	20,1	21,7	23,2	24,7
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 α каждого i -го показателя для установления минимального комплекса показателей. Вместе с тем, при необходимости подсчета комплексного ПК должно выполняться условие: $W \geq 0,6$. В противном случае следует организовать повторную экспертизу или исключить мнения экспертов с сомнительными оценками.

4. Если величина W говорит о хорошей согласованности мнений экспертов ($W > 0,6$), то дальше переходят к расчету коэффициентов весомости α_i :

$$\alpha_i = \frac{\frac{1}{S_{ki}}}{\sum_{i=1}^n \frac{1}{S_{ki}}}, \quad (10.6)$$

или

$$\alpha_i = \frac{mn - S_i}{0,5mn(n - 1)} \quad (10.7)$$

Далее из всех n показателей выделяют наиболее значимые показатели, для которых выполняется условие $\alpha_i > 1/n$. Так как $\sum \alpha_i = 1$, то коэффициенты весоности существенно значимых показателей подсчитывают по формуле:

$$\alpha_{i0} = \alpha_i' / \sum \alpha_i' \quad (10.8)$$

где α_i' – коэффициенты весоности показателей, для которых выполняется условие $\alpha_i' > 1/n$.

РЕШЕНИЕ

Ранжирование единичных показателей качества, оценка согласованности мнений экспертов относительно важности каждого i -го единичного показателя, расчет коэффициента конкордации W и коэффициентов весоности α_i осуществляется по форме регистрации результатов экспертного опроса, представленной в таблице 10.2.

Таблица 10.2 – Форма регистрации результатов экспертного опроса

Шифр	Ранговые оценки показателей качества R_{ij}										Сумма	T_j
	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	X8	X9	X10		
1Э												
2Э												
3Э												
4Э												
5Э												
6Э												
7Э												
8Э												
9Э												
10Э												
S_i												
R_i											–	–
σ_i											–	–
C_i											–	–
$R(S_i)$											–	–

Окончание таблицы 10.2

ΔR_{i1}													-
ΔR_{i2}													-
ΔR_{i3}													-
ΔR_{i4}													-
ΔR_{i5}													-
ΔR_{i6}													-
ΔR_{i7}													-
ΔR_{i8}													-
ΔR_{i9}													-
ΔR_{i10}													-
S_{ki}												-	-
$S_i - S$													-
$(S_i - S)^2$													-
W													
χ^2													
a_i												-	-
a_{io}													-

Вывод: существенно значимыми в рассматриваемом примере являются показатели, для которых $\alpha_i > 1/n =$ _____

Таковыми показателями оказались: _____

Практическая работа 11

Оценка значимости единичных показателей по результатам общей оценки качества продукции (метод разности медиан)

Цель работы: изучить метод разности медиан для определения коэффициентов весомости единичных показателей качества продукции.

Задание 1. На основании экспертных оценок по пятибалльной шкале и фактических значений показателей качества восьми вариантов костюмных тканей определите весомость их показателей качества по методу разности медиан.

Таблица 11.1 – Результаты оценки восьми вариантов костюмной ткани

Вариант ткани	Экспертная оценка качества b_i , баллы	Показатели качества					
		x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	x_6
1	5,0	5,2	1,5	74	8	30	4
2	4,5	5,0	1,6	75	5	20	3
3	4,0	5,3	4,0	75	6	22	5
4	3,5	4,5	1,5	80	3	15	3
5	3,0	4,7	1,7	66	5	25	2
6	2,5	5,1	5,2	65	4	10	4
7	2,0	4,9	4,5	60	6	18	5
8	1,0	3,8	4,0	65	2	14	3
Среднее	–						

Примечание: обозначения x_i соответствуют следующим единичным показателям: x_1 – стойкость ткани к истиранию, тыс. циклов; x_2 – изменение линейных размеров после замачивания, %; x_3 – коэффициент несминаемости, %; x_4 – пиллингуемость, пиллей/см²; x_5 – коэффициент повреждаемости ткани от прокола, %; x_6 – устойчивость окраски, баллы.

Методические рекомендации для решения задания 1

«Метод медиан» относится к комбинированным методам выбора определяющих показателей качества, где используются экспериментальные данные и данные экспертного опроса. Методика применения и расчета весомости показателей качества по данному методу включает следующие этапы:

1. Сравнение несколько вариантов одноименной продукции и оценка их в условных единицах.

2. Определение фактических значений выбранных заранее единичных показателей качества продукции.

3. Вычисление средних значений ЕПК.

4. Построение кодированной матрицы и обозначение в ней текущих результатов знаком «+», если они окажутся лучше среднего, и знаком «-», если «-» хуже среднего (при кодировании необходимо учитывать разделение единичных показателей на позитивные и негативные.).

5. Построение диаграммы рассеивания, на которой по оси абсцисс размещают обозначения каждого из показателей, а по оси ординат для каждого из вариантов продукции откладывают соответствующие величины экспертных оценок (b_i) на двух уровнях – «+» и «-».

6. Нахождение медианы точек на уровнях «+» и «-».

7. Расчет абсолютной разницы между значениями медиан:

$$\Delta M_i = |M_i \langle + \rangle - M_i \langle - \rangle|, \quad (11.1)$$

где $M \langle + \rangle$ и $M \langle - \rangle$ – медианы значений y , которым присвоены знаки «+» и «-».

8. Расчет коэффициентов весомости показателей по формуле:

$$\alpha_i = \frac{\Delta M_i}{\sum_{i=1}^n \Delta M_i}, \quad (11.2)$$

где ΔM_i – абсолютная разность медиан на уровнях «+» «-» для i -го единичного показателя качества; $\sum_{i=1}^n \Delta M_i$ – суммарная разность медиан по всем показателям; n – число единичных показателей качества.

9. Определение существенно значимых показателей, для которых $\alpha_i > 1/n$.

РЕШЕНИЕ

Таблица 11.2 – Кодированная матрица показателей

Вариант ткани	Экспертная оценка качества b_i , баллы	Показатели качества					
		x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	x_6
1	5,00						
2	4,50						
3	4,00						
4	3,50						
5	3,00						
6	2,50						
7	2,00						

Окончание таблицы 11.2

8	1,00						
$M_i \ll + \gg$	—						
$M_i \ll - \gg$	—						
ΔM_i	—						
α_i	—						
α_{i0}	—						

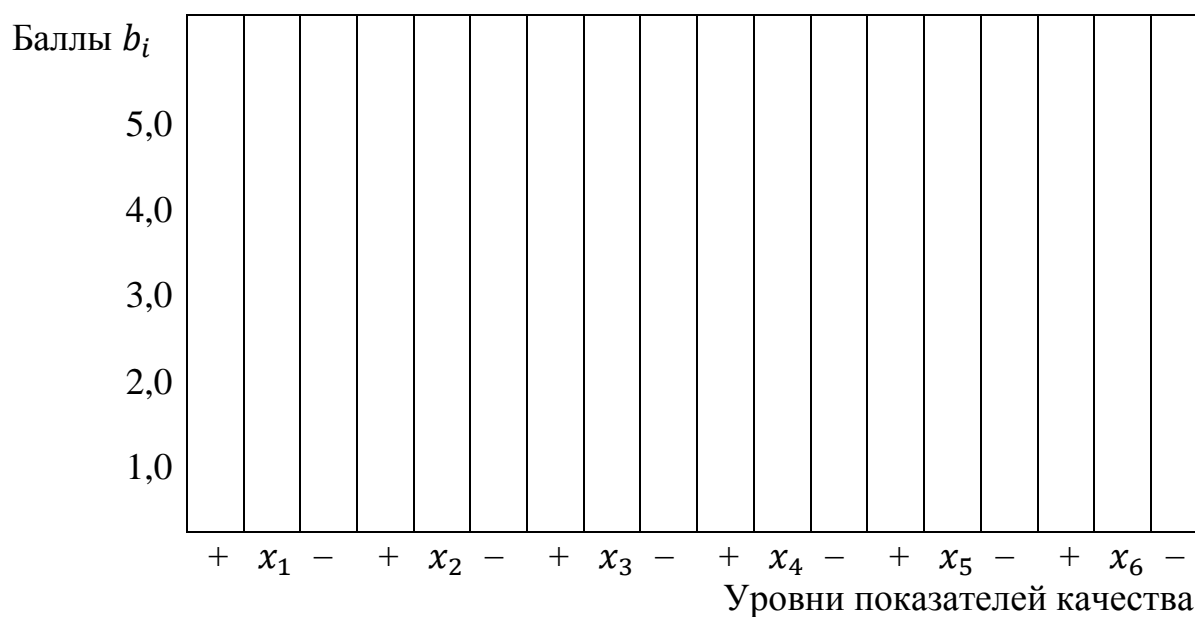


Рисунок 11.1 – Точечная диаграмма рассеивания показателей качества костюмной ткани

Вывод: существенно значимыми в рассматриваемом примере являются показатели, для которых $\alpha_i > 1/n =$ _____

Таковыми показателями оказались: _____

Практическая работа 12

Оценка согласованности экспертных данных по коэффициенту конкордации и по коэффициенту вариации

Цель работы: провести оценку согласованности экспертных данных по коэффициенту конкордации и по коэффициенту вариации.

Задание 1. Необходимо установить степень согласованности мнений семи экспертов при определении результирующего ранга объектов ранжирования, представленных в таблице 9.1.

Методические рекомендации для решения задания 1

Согласованность мнений экспертов определяется по общему показателю качества – коэффициенту конкордации

$$W = \frac{12S}{n^2(m^3 - m)} \quad (12.1)$$

где S – сумма квадратов отклонений суммы рангов каждого объекта экспертизы от среднего арифметического ранга; n – число экспертов; m – число объектов экспертизы.

В зависимости от степени согласованности мнений экспертов коэффициент конкордации может принимать значения от единицы (при полном единодушии) до нуля (при отсутствии согласованности).

Формулой (12.1) можно воспользоваться и в том случае, если степень согласованности определяется по результатам попарного сопоставления, только в этом случае параметр S – сумма квадратов отклонений суммы предпочтений каждого объекта экспертизы от среднего арифметического предпочтения; n – число экспертов; m – число объектов экспертизы.

В случае попарного сопоставления сумма предпочтений каждого объекта экспертизы равен:

$$\sum_{i=1}^n K_{ij} \quad (12.2)$$

Среднее арифметическое предпочтение определяется как

$$\frac{1}{m} \sum_{j=1}^m \sum_{i=1}^n K_{ij} \quad (12.3)$$

Как и в случае определения результатов экспертиз ранжированием сумма квадратов отклонений суммы предпочтений каждого объекта экспертизы от среднего арифметического предпочтения имеет вид:

$$S = \sum_{j=1}^m \left(\sum_{i=1}^n K_{ij} - \frac{1}{n} \sum_{j=1}^m \sum_{i=1}^n K_{ij} \right)^2 \quad (12.4)$$

При определении согласованности мнений экспертов по результатам двойного попарного сопоставления коэффициент конкордации будет определяться по формуле:

$$W = \frac{6S}{n^2(m^3 - m)} \quad (12.5)$$

Коэффициент конкордации может быть в диапазоне $1 \geq W \geq 0$. При $W = 0$ согласованность мнений экспертов отсутствует; а при $W = 1$ согласованность полная. Обычно считается, что согласованность вполне достаточна, если $W \geq 0,5$.

Рассчитанную величину коэффициента конкордации следует взвешивать по критерию Пирсона (χ^2) с определенным уровнем значимости, т. е. максимальной вероятностью неправильного результата работы экспертов. Обычно задавать значимость достаточно в пределах $0,005 \div 0,05$.

В случае получения расчетной величины $\chi^2_{\text{расч.}} > \chi^2_{\text{табл.}}$ (с избранным уровнем значимости) мнения экспертов окончательно признаются согласованными.

Табличные величины $\chi^2_{\text{табл.}}$ зависят от принимаемого уровня значимости и числа степеней свободы (f).

Расчетная величина $\chi^2_{\text{расч.}}$ определяется по формуле

$$\chi^2_{\text{расч.}} = W \cdot n \cdot (m - 1) \quad (12.6)$$

В случае определения несогласованности мнений экспертов по коэффициентам конкордации и соответствующей проверке его величины по критерию Пирсона экспертные опросы следует осуществить повторно.

РЕШЕНИЕ

1. Составим вспомогательную таблицу 12.1.

Таблица 12.1 – Вспомогательная таблица для расчета

Объект ранжирования	Эксперт №					Сумма рангов объектов	Отклонение от среднего арифметического	Квадрат отклонений от среднего арифметического
	1	2	3	4	5			
1								
2								
3								
4								
5								
6								
7								

2. Среднее арифметическое рангов по формуле (12.3)

3. Используя результаты промежуточных вычислений, приведенные в таблице 12.1, по формуле (12.4) получаем:

4. Коэффициент конкордации по формуле (12.1) равен

Вывод: степень согласованности мнений экспертов считается _____

5. Взвешивание коэффициента конкордации по критерию Пирсона (12.6)

Вывод: при уровне значимости 0,005 табличная величина χ^2 табл. равна _____ (прилож. Б), т. е. мнения экспертов можно окончательно признать _____ с вероятностью 99,5 %, т. к. _

Задание 2. По данным таблицы 9.5 и результатов задания 4 практической работы № 9 необходимо установить степень согласованности мнений экспертов о весомости каждого объекта экспертизы с помощью коэффициента вариации.

Методические рекомендации для решения задания 2

Согласованность мнений экспертов о весомости каждого показателя качества можно оценить также с помощью коэффициентов вариации

$$V_i = \frac{\sqrt{\frac{\sum_{j=1}^n (\alpha_{ij} - \alpha_i)^2}{n-1}}}{\alpha_i}, \quad (12.7)$$

Считается, что при $V_i = 0,26 \div 0,35$ согласованность мнений экспертов в отношении весомости i -го показателя качества ниже средней; $V_i = 0,16 \div 0,25$ – согласованность средняя; $V_i = 0,11 \div 0,15$ – согласованность выше средней; $V_i = 0,1$ – согласованность мнений экспертов высокая. При коэффициенте вариации $V_i \leq 0,25$ мнения экспертов о весомости показателя качества считаются согласованными.

РЕШЕНИЕ:

1. Составим вспомогательную таблицу 12.2.

Таблица 12.2 – Вспомогательная таблица для расчета

Объект экспертизы	α_{ij}				α_i
	1-го эксперта	2-го эксперта	3-го эксперта	4-го эксперта	
1					
2					
3					
4					

2. Коэффициент вариации по формуле (10.7) равен

$$V_i$$

$$V_i$$

$$V_i$$

$$V_i$$

УПРАВЛЕНИЕ КАЧЕСТВОМ

Практическая работа 13

Методы и инструменты управления качеством»: контрольные листки; диаграмма Парето, диаграмма Исикавы (причин и результатов), рассеивания (разброса); гистограммы; контрольные карты; стратификация; диаграммы сродства, зависимостей; матричная, стрелочная диаграммы и диаграмма планирования оценки процесса

Цель работы: получить навыки применения методов и инструментов управления качеством путем их разработки и построения.

Задание 1. Для контроля параметров производственного процесса и качества изделий разработать контрольные листки (пример на рис. 13.1) регистрации видов дефектов, если известно, что в изделии при приёмочном контроле обнаружены дефекты, представленные в таблице 13.1. Всего контролю было подвержено 1525 изделий.

Контрольный листок	
Наименование изделия:	Дата:
Производственная операция:	Участок:
Тип дефекта:	Фамилия контролёра:
Общее количество проконтролированных изделий:	Номер партии
Примечания:	Номер заказа

Тип дефекта	Результаты контроля	Итоги по типам дефектов
...
Итого		
Общее число забракованных изделий		

Рисунок 13.1 – Пример бланка контрольного листка регистрации видов дефектов

Таблица 13.1 – Результаты приемочного контроля

Типы дефекта	Результат контроля
Поверхностные царапины	### ### ### //
Трещины	### ### /
Пропуски операции	### ### ### ### ### /
Неправильное исполнение операции	///
Другие	###

Контрольный листок

Контрольный листок	
Наименование изделия:	Дата:
Производственная операция:	Участок:
Тип дефекта:	Фамилия контролёра:
Общее количество проконтролированных изделий:	Номер партии
Примечания:	Номер заказа

Тип дефекта	Результаты контроля	Итоги по типам дефектов
Итого		
Общее число забракованных изделий		

Задание 2. По данным таблицы 13.2 составить диаграмму Парето по видам дефектов.

Таблица 13.2 – Контрольный листок причин дефектов

Оборудование	Рабочий	Пн.		Вт.		Ср.		Чт.		Пт.		Сб.	
		До перерыва	После перерыва	До перерыва	После перерыва	До перерыва	После перерыва	До перерыва	После перерыва	До перерыва	После перерыва	До перерыва	После перерыва
Станок 1	A	OO X •	O X	OOO	O XX	OOO XXX •	OOOO XXX	OOOO X ••	O XX	OOOO	OO	O	XX •
	B	O XX •	OOO XXX •	OOOOOO XX	OOO XX	OOOOOO XX •	OOOOOO X	OOOOO XX •	OOO X ••	OO XX •	OOOOO	OO	OOO X •
Станок 2	C	OO X	O X	OO	•	OOOOO	OOOOOO X	OO	O	OO	OO	O	O Δ
	D	OO X	O X	OO Δ	OOO •	OOO Δ •	OOOOO X	OO •	OO Δ	OO ΔΔ	O ••	OO X	O XX

о – поверхностные царапины; х – раковины; • – неправильная форма; Δ – дефекты конечной обработки; □ – другие.

Методические рекомендации для решения задания 2

Для построения диаграмм Парето используется накопленная статистическая информация, которая, в частности, может быть собрана в форме контрольных листков.

Например, для построения диаграмм Парето по результатам деятельности используются контрольные листки видов дефектов или локализации дефектов, для диаграмм Парето по причинам – контрольные листки причин дефектов.

В процессе построения диаграмм Парето используется бланк таблицы для проверок данных (табл. 13.3).

При заполнении таблицы данные, полученные по каждому проверяемому признаку, располагаются в порядке значимости. Группу «прочие» надо поместить в последнюю строку вне зависимости от того, насколько большим получилось число, т. к. ее составляет совокупность признаков, числовой результат по каждому из которых меньше, чем самое маленькое значение, полученное для признака, выделенного в отдельную строку.

Таблица 13.3 – Бланк для построения диаграммы Парето

Типы дефектов	Число дефектов	Накопленная сумма дефектов	Процент дефектов по каждому признаку в общей сумме	Накопленный процент
...
Другие				
Итого				

РЕШЕНИЕ

Таблица 13.4 – Результаты регистрации данных по типам дефектов для построения диаграммы Парето

Типы дефектов	Число дефектов	Накопленная сумма дефектов	Процент дефектов по каждому признаку	Накопленный процент	Группа
Итого		–	100,00	–	–

Вывод: _____

 _____.

Задание 3. Составить причинно-следственную диаграмму для показателя качества в зависимости от выданного варианта.

Методические рекомендации для решения задания 3

Методика построения причинно-следственной диаграммы

При построении диаграмм (рис. 13.2) в качестве главных факторов, определяющих качество продукции, учитываются так называемые 4М (первичные причины): material (материал) + machine (оборудование) + man (персонал) + method (параметры технологии), а также фактор «прочие». Эти причины являются, в свою очередь, следствием вторичных причин: М1, М2,... (для материалов и сырья); причин О1, О2,... (для оборудования) и т. д. Вторичным причинам могут соответствовать третичные причины и т. д. Например, для материалов и сырья к вторичным причинам относят вид сырья (цемент, песок и т. д.), к третичным причинам – характеристики сырья (марка цемента, влажность песка и т. д.); для оборудования к вторичным причинам относят вид оборудования (автоклав, смеситель), к третичным причинам – характеристики оборудования (марка оборудования, степень износа и т. д.); для персонала к вторичным причинам относят вид работников (ИТР, рабочий), к третичным причинам – характеристику работников (возраст, стаж, пол и т. д.); для параметров технологии к вторичным причинам относят технологическую операцию (перемешивание, формование), к третичным причинам – параметры операции (время перемешивания, температура бетонной смеси).

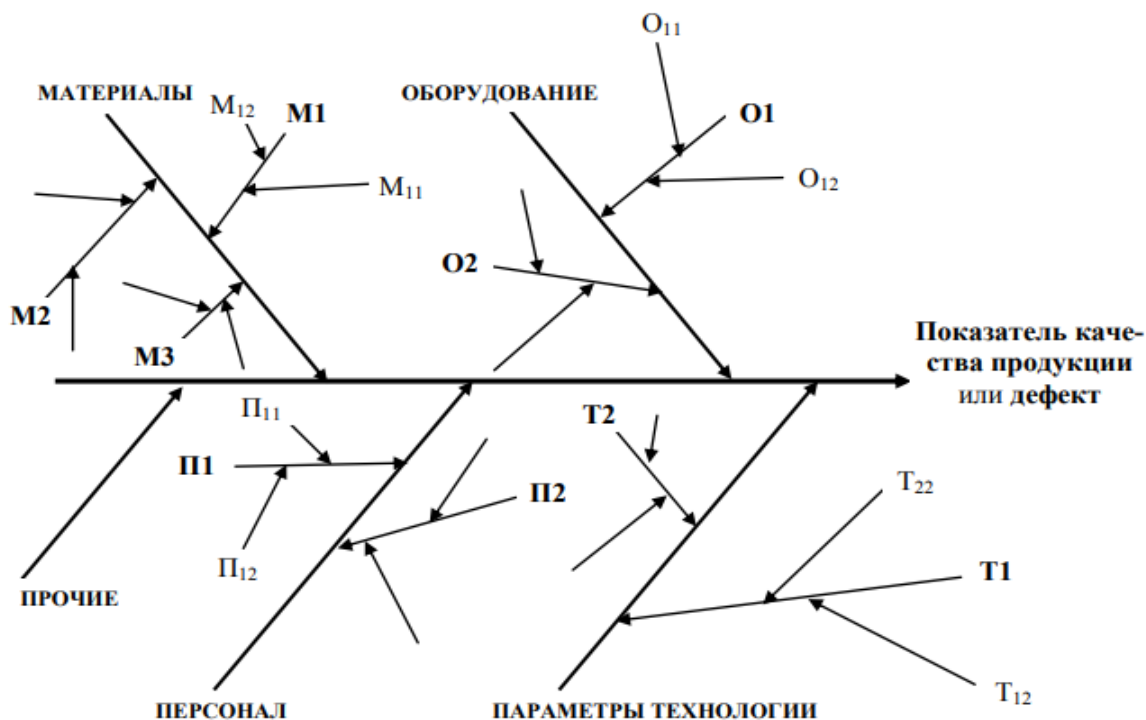


Рисунок 13.2 – Причинно-следственная диаграмма (диаграмма Исикавы)

РЕШЕНИЕ

Задание 4. В зависимости от варианта, используя данные:

- 1) таблица 13.5 построить pn -карту;
- 2) таблица 13.5 построить p -карту;
- 3) таблица 13.6 построить c -карту;
- 4) таблица 13.7 построить u -карту

Таблица 13.5 –
Результаты
контроля качества
изделия 1

№ выборки	n	d
1	25	4
2	30	2
3	50	0
4	30	5
5	50	3
6	40	2
7	50	4
8	30	3
9	25	2
10	40	6
11	50	1
12	60	4
13	25	1
14	40	0
15	50	2
16	25	3
17	50	1
18	35	6
19	50	1
20	50	3
21	25	3
22	50	2
23	50	0
24	50	7
25	35	3

Таблица 13.6 –
Результаты
контроля качества
изделия 2

$n=5$

№ выборки	c
1	6
2	8
3	1
4	4
5	6
6	8
7	9
8	12
9	11
10	5
11	6
12	9
13	12
14	13
15	4
16	5
17	2
18	12
19	11
20	10
21	11
22	12
23	6
24	9
25	5

Таблица 13.7 –
Результаты контроля
качества изделия 3

№ выборки	n	c
1	6	4
2	4	2
3	5	0
4	6	5
5	8	3
6	4	2
7	5	4
8	6	3
9	8	2
10	8	6
11	5	1
12	6	4
13	7	1
14	3	0
15	4	2
16	5	3
17	8	1
18	5	6
19	4	1
20	6	3
21	8	3
22	5	2
23	5	0
24	6	7
25	4	2

n – объём выборки;

d – число дефектных изделий, шт.;

c – суммарное число дефектов в изделиях выборки.

Методические рекомендации для решения задания 4

Контрольные карты для качественных характеристик продукции (контрольные карты по альтернативному признаку) используются в тех случаях, когда показатели качества определяются качественными данными: видом или числом дефектов. Построение контрольных карт по альтернативному признаку используется для анализа и учета количества и

степени дефектности выпускаемой продукции. При этом используют следующие основные типы контрольных карт: pn -карты (числа дефектных изделий), p -карты (доли дефектов). Эти карты применяют, когда показатель качества представлен числом дефектных изделий или их долей. Для выборок постоянного фиксированного объема используется pn -карта, p -карта необходима при выборках меняющегося объема. Бывает, что анализ и управление процессом ведут по количеству дефектов в продукции. Например, число раковин или трещин на поверхности изделия. Для этого используют c -карты (числа дефектов) и u -карты (числа дефектов на единицу продукции). Карты типа c применяются для изделий одного типоразмера, u -карты – для изделий разных типоразмеров.

В таблицах 13.8–13.11 представлены формы бланков для построения карт.

Таблица 13.8 – Бланк данных для pn -карты

№ выборки	Объём выборки, n	Число дефектных изделий, $d = pn$	
1			
...			
Число выборок k	Суммарное количество проконтролированных изделий kn	Суммарное число дефектов $\sum d$	Средняя доля дефектных изделий $\bar{p} = \frac{\sum d}{kn}$

Таблица 13.9 – Бланк данных для p -карты

№ выборки	Объём выборки, n	Число дефектных изделий, $d = pn$	Доля дефектных изделий в выборке $p = \frac{d}{n}$
1			
...			
Число выборок k	Суммарное количество проконтролированных изделий kn	Суммарное число дефектов $\sum d$	Средняя доля дефектных изделий $\bar{p} = \frac{\sum d}{kn}$

Таблица 13.10 – Бланк данных для c -карты

№ выборки	Суммарное число дефектов c в изделиях выборки	
1		
...		
Число выборок k	Суммарное число дефектов $\sum c$	Средняя доля дефектов $\bar{c} = \frac{\sum c}{k}$

Таблица 13.11 – Бланк данных для *u*-карты

№ выборки	Объём выборки, n	Суммарное число дефектов c в изделиях выборки	Доля дефектов в изделия выборки $u = \frac{c}{n}$
1			
...			
Число выборок k	Суммарное количество проконтролированных изделий kn или $\sum n$	Суммарное число дефектов $\sum c$	Средняя доля дефектов $\bar{u} = \frac{\sum c}{kn}$ или $\bar{u} = \frac{\sum c}{\sum n}$
	Средний объём выборки $\bar{n} = \frac{\sum n}{k}$		

На основании данных подготовленных бланков вычисляются контрольные линии согласно формулам, приведенным в таблице 13.12.

Таблица 13.12 – Перечень формул для контрольных линий

Вид контрольной карты	Центральная линия ЦЛ Верхняя граница регулирования ВГР Нижняя граница регулирования НГР	Назначение карты
<i>pn</i> -карты	ЦЛ = $\bar{p} \cdot n$ ВГР = $\bar{p} \cdot n + 3\sqrt{\bar{p} \cdot n \cdot (1 - \bar{p})}$ НГР = $\bar{p} \cdot n - 3\sqrt{\bar{p} \cdot n \cdot (1 - \bar{p})}$	Для выборок постоянного фиксированного объёма
<i>p</i> -карты	ЦЛ = \bar{p} ВГР = $\bar{p} + 3\sqrt{\bar{p} \cdot (1 - \bar{p})/n}$ НГР = $\bar{p} - 3\sqrt{\bar{p} \cdot (1 - \bar{p})/n}$	Для выборок меняющегося объёма
<i>c</i> -карты	ЦЛ = \bar{c} ВГР = $\bar{c} + 3\sqrt{\bar{c}}$ НГР = $\bar{c} - 3\sqrt{\bar{c}}$	Для изделий одного типоразмера, выборок фиксированного объёма
<i>u</i> -карты	ЦЛ = \bar{u} ВГР = $\bar{u} + 3\sqrt{\bar{u}/n}$ НГР = $\bar{u} - 3\sqrt{\bar{u}/n}$	1) Для изделий разных типоразмеров, выборок фиксированного объёма
	ЦЛ = \bar{u} ВГР = $\bar{u} + 3\sqrt{\bar{u}/\bar{n}}$ НГР = $\bar{u} - 3\sqrt{\bar{u}/\bar{n}}$	2) Для изделий одного или разных типоразмеров, выборок разного объёма

РЕШЕНИЕ

Практическая работа 14

Качество и конкурентоспособность изделий

Цель работы: изучить, что такое конкурентоспособность продукции и научиться определять её значения на практике.

Задание 1. Оценить конкурентоспособность продукции, используя данные своего варианта. Привести расчёт и заполнить таблицу 14.1. Проанализировать полученные данные, и сформулировать выводы по работе.

Методические рекомендации для решения задания 1

Наиболее простой метод количественной оценки конкурентоспособности изделий основан на применении обобщённых (главного, группового и интегрального) показателей качества и экономических показателей продукции. Однако показатель (а не оценку) конкурентоспособности продукции обычно выражают отношением полезного эффекта к полной цене потребления, т. е. интегральным показателем качества.

При наличии достаточной информации о полезном эффекте и обо всех затратах потребителя уровень конкурентоспособности $Y_{к.с}$ определяется отношением интегральных показателей качества сравниваемых образцов по формуле

$$Y_{к.с} = \frac{Q_{ин.оц}}{Q_{ин.баз}} = \frac{W_{оц}}{W_{баз}} \cdot \frac{S_{баз}}{S_{оц}}, \quad (14.1)$$

где $Q_{ин.оц}$ и $Q_{ин.баз}$ – интегральные показатели качества оцениваемого и базового образцов; $W_{оц}$ $W_{баз}$ – суммарные полезные эффекты от эксплуатации оцениваемого и базового образцов за весь срок службы; $S_{баз} / S_{оц}$ – отношение затрат на приобретение, эксплуатацию и утилизацию базового и оцениваемого образцов.

Суммарные полезные эффекты от эксплуатации оцениваемого и базового образцов за весь срок службы определяются по следующей формуле:

$$W = Nnt \frac{100-q}{100} c, \quad (14.2)$$

где N – производительность оборудования, т/сут.; n – количество дней работы в году; t – срок эксплуатации, лет; c – стоимость 1 т производимого продукта, р.; q – время простоев, %.

Отношение полных затрат на приобретение и эксплуатацию сравниваемых образцов определяется по формуле

$$\frac{S_{\text{баз}}}{S_{\text{оц}}} = \frac{S_{\text{с. баз}}}{S_{\text{с. оц}}} + \frac{S_{\text{э. баз}}}{S_{\text{э. оц}}} \cdot \frac{T_{\text{сл. баз}}}{T_{\text{сл. оц}}}, \quad (14.3)$$

где $S_{\text{с. баз}}$ и $S_{\text{с. оц}}$ – единовременные стоимостные затраты на приобретение базового и оцениваемого образцов; $S_{\text{э. баз}}$ и $S_{\text{э. оц}}$ – средние суммарные эксплуатационные затраты базового и оцениваемого образцов за год; $T_{\text{сл. баз}}$ и $T_{\text{сл. оц}}$ – срок службы базового и оцениваемого образцов.

На основании рассчитанных по формуле (14.1) значений $Ук.с$ делается вывод о конкурентоспособности оцениваемой продукции. При $Ук.с \geq 1$ продукция конкурентоспособна, при $Ук.с \leq 1$ продукция на конкретном рынке не конкурентоспособна.

РЕШЕНИЕ

Таблица 14.1 – Сводная таблица

Наименование показателей	Новое изделие	Базовое
Количество дней работы в году		
Срок службы, лет		
Производительность, т/сут		
Стоимость 1 т продукта, р.		
Время простоев, %		
Стоимость затраты на приобретение, р.		
Суммарные эксплуатационные затраты на год, р.		

Отношение полных затрат на приобретение и эксплуатацию сравниваемых образцов составляет

Суммарные полезные эффекты от эксплуатации оцениваемого и базового образцов за весь срок службы составляет

Уровень конкурентоспособности $У_{к.с}$ составляет

Вывод: _____

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Федюкин, В. К. Квалиметрия. Измерение качества промышленной продукции: учебное пособие / В. К. Федюкин. – Москва: КНОРУС, 2020. – 316 с.
2. Анисимов, Э. А. Квалиметрия и управление качеством : учебное пособие / Э. А. Анисимов. – Йошкар-Ола : Поволжский государственный технологический университет, 2018. – 72 с. – ISBN 978-5-8158-1967-2. – Текст : электронный. – Режим доступа: по подписке. URL: <https://znanium.com/catalog/product/1871599>. – Дата обращения: 05.06.2024.
3. Аристов, О. В. Управление качеством : учебник / О.В. Аристов. – 2-е изд., перераб. и доп. – Москва : ИНФРА-М, 2024. – 224 с. – (Высшее образование: Бакалавриат).– Текст : электронный. – Режим доступа: по подписке. URL: <https://znanium.com/catalog/product/2127015>. – Дата обращения: 05.06.2024. –
4. Квалиметрия в управлении качеством технологических машин : учебник / Э. А. Петровский. – 2-е изд., перераб. и доп. – Старый Оскол : ТНТ, 2019. – 247 с.
5. Шелег, В. К. Управление качеством в машиностроении: учебно-методическое пособие : в 3 т. Т. 1 : Организационные основы / В. К. Шелег, Н. Н. Попок, Н. В. Беляков; УО «ВГТУ». – Витебск, 2023. – 183 с.
6. Драчев, О. И. Статистические методы управления качеством : учебное пособие / О. И. Драчев, А. А. Жилин – 3-е изд., стер. – Старый Оскол : ТНТ, 2019. – 146 с.
7. Статистический анализ стабильности и точности процессов на основе контрольных карт : учебное пособие / Ю. М. Быков, А. Г. Схиртладзе, С. Ю. Быков [и др.] – Старый Оскол : ТНТ, 2018. – 101 с.
8. Елохов, А. М. Управление качеством : учебное пособие / А. М. Елохов. – 2-е изд., перераб. и доп. – Москва : ИНФРА-М, 2024. – 334 с. – (Высшее образование). – Текст : электронный. Режим доступа: по подписке. URL: <https://znanium.ru/catalog/product/2087316>. – Дата обращения: 05.06.2024.
9. Разумов, В. А. Управление качеством : учебное пособие / В.А. Разумов. – Москва : ИНФРА-М, 2024. – 208 с. + CD-R. – (Высшее образование). – Текст : электронный. – Режим доступа: по подписке. URL: <https://znanium.ru/catalog/product/2063449>. – Дата обращения: 05.06.2024.

Приложение А

Критические значения критерия Пирсона $\chi^2_{кр}$

	Вероятность, %				
	90	95	98	99	99,9
1	2,71	3,84	5,41	6,64	10,83
2	4,60	5,99	7,82	9,21	13,82
3	6,25	7,81	9,84	11,34	16,27
4	7,78	9,49	11,67	13,28	18,46
5	9,24	11,07	13,39	15,09	20,52
6	10,64	12,59	15,03	16,81	22,46
7	12,02	14,07	16,62	18,48	24,32
8	13,36	15,51	18,17	20,09	26,12
9	14,68	16,92	19,68	21,67	27,88
10	15,99	18,31	21,16	23,21	29,59
11	17,28	19,68	22,62	24,72	31,26
12	18,55	21,03	24,05	26,22	32,91
13	19,81	22,36	25,47	27,69	34,53
14	21,06	23,68	26,86	29,14	36,12
15	22,31	25,00	28,26	30,58	37,70
16	23,54	26,30	29,63	32,00	39,25
17	24,77	27,59	31,00	33,41	40,79
18	25,99	28,87	32,35	34,81	42,31
19	27,20	30,14	33,69	36,19	43,82
20	28,41	31,41	35,02	37,57	45,32

Приложение Б

Значения критерия χ^2

Число степеней свободы	Уровень значимости					
	0,250	0,100	0,050	0,025	0,010	0,005
1	1,32330	2,70554	3,84146	5,02389	6,63490	7,87944
2	2,77259	4,60517	5,99146	7,37776	9,21034	10,59663
3	4,10834	6,25139	7,81473	9,34840	11,34387	12,83816
4	5,38527	7,77944	9,48773	11,14329	13,27670	14,86026
5	6,62568	9,23636	11,07050	12,83250	15,08627	16,74960
6	7,84080	10,64464	12,59159	14,44938	16,81189	18,54758
7	9,03715	12,01704	14,06714	16,01276	18,47531	20,27774
8	10,21885	13,36157	15,50731	17,53455	20,09024	21,95495
9	11,38875	14,68366	16,91898	19,02277	21,66599	23,58935
10	12,54886	15,98718	18,30704	20,48318	23,20925	25,18818
11	13,70069	17,27501	19,67514	21,92005	24,72497	26,75685
12	14,84540	18,54935	21,02607	23,33666	26,21697	28,29952
13	15,98391	19,81193	22,36203	24,73560	27,68825	29,81947
14	17,11693	21,06414	23,68479	26,11895	29,14124	31,31935
15	18,24509	22,30713	24,99579	27,48839	30,57791	32,80132
16	19,36886	23,54183	26,29623	28,84535	31,99993	34,26719
17	20,48868	24,76904	27,58711	30,19101	33,40866	35,71847
18	21,60489	25,98942	28,86930	31,52638	34,80531	37,15645
19	22,71781	27,20357	30,14353	32,85233	36,19087	38,58226
20	23,82769	28,41198	31,41043	34,16961	37,56623	39,99685
21	24,93478	29,61509	32,67057	35,47888	38,93217	41,40106
22	26,03927	30,81328	33,92444	36,78071	40,28936	42,79565
23	27,14134	32,00690	35,17246	38,07563	41,63840	44,18128
24	28,24115	33,19624	36,41503	39,36408	42,97982	45,55851
25	29,33885	34,38159	37,65248	40,64647	44,31410	46,92789

Учебное издание

КВАЛИМЕТРИЯ И УПРАВЛЕНИЕ КАЧЕСТВОМ

Рабочая тетрадь для практических занятий

Составители:

Радюк Анастасия Николаевна
Нейфельд Мария Александровна

Редактор *Р.А. Никифорова*
Корректор *А.С. Прокопюк*
Компьютерная верстка *А.Н. Радюк*

Подписано к печати 04.02.2025. Формат 60x90^{1/8}. Усл. печ. листов 11,4
Уч.-изд. листов 7,2. Тираж 30 экз. Заказ № 31.

Учреждение образования «Витебский государственный технологический университет»
210038, г. Витебск, Московский пр., 72.

Отпечатано на ризографе учреждения образования

«Витебский государственный технологический университет».

Свидетельство о государственной регистрации издателя, изготовителя, распространителя
печатных изданий № 1/172 от 12 февраля 2014 г.

Свидетельство о государственной регистрации издателя, изготовителя, распространителя
печатных изданий № 3/1497 от 30 мая 2017 г.