

Федеральное агентство по образованию
Государственное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Ивановская государственная текстильная академия»
(ИГТА)

Кафедра материаловедения и товароведения

ИЗМЕРЕНИЕ КАЧЕСТВА (КВАЛИМЕТРИЯ) ТЕКСТИЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ И ТОВАРОВ

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

к лабораторным работам по курсам «Квалиметрия и управление качеством»,
«Квалиметрия» и «Квалиметрия и средства контроля качества»
для студентов специальностей 200503 Стандартизация и сертификация,
080401 Товароведение и экспертиза товаров, 080301 Коммерция (торговое дело)
и 220501 Управление качеством

Иваново 2004

Данные методические указания предназначены для студентов второго курса специальности 220501, третьего курса специальностей 080401, 080301 и четвертого курса специальности 200501 с целью оказания помощи при подготовке и выполнении лабораторных работ, связанных с количественным измерением качества продукции и услуг. Методические указания могут быть полезны магистрантам и аспирантам соответствующих научных специальностей при выполнении ими диссертационных работ. Настоящие методические указания содержат сведения об основных этапах комплексного оценивания качества продукции и процессов ее создания, а также различных услуг, оказываемых населению. В данной работе содержится информация о правилах построения «дерева показателей» продукции (услуги), о наиболее распространенных и доступных способах расчета коэффициентов весомости единичных показателей качества и о способах свертывания единичных показателей в комплексный с целью принятия окончательного решения о прогнозируемом или фактическом уровне качества продукции (услуги).

Составители: канд. техн. наук С.В. Лунькова
канд. техн. наук А.Ю. Матрохин

Научный редактор д-р техн. наук, проф. Б.Н. Гусев

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время проблема повышения конкурентоспособности (качества и экономичности) выпускаемых товаров и предоставляемых услуг актуальна для всех российских предприятий и организаций. Отечественная промышленность долгие годы была ориентирована не на повышение качества, а на увеличение количества выпускаемой продукции, тогда как опыт экономического развития передовых промышленных стран показывает, что эффективным может быть только производство, ориентированное на постоянно растущие запросы потребителя. Однако многие российские предприятия продолжают производить продукцию низкого качества и себестоимости, руководствуясь принципом получения сиюминутной выгоды. Такая практика хозяйствования не может привести предприятия к стабильному и эффективному развитию.

Предприятия, которые направляют свои усилия на повышение качества продукции (услуг), решают эту проблему путем создания системы менеджмента качества (СМК) организации в соответствии с требованиями международных стандартов ИСО серии 9000. Для успешного функционирования СМК конкретное предприятие (организация) должно определить свои процессы, идентифицировать требования, предъявляемые к их результатам, и систематически обеспечивать улучшение качества этих процессов. Первым шагом к улучшению качества производимой продукции и услуг является получение навыков количественного оценивания фактического (достигнутого) уровня качества и систематизации имеющейся информации с целью принятия оптимального решения о конкретных путях и методах повышения качества продукции (услуг). Общий алгоритм оценивания качества независимо от вида продукции и масштабов ее производства складывается из следующих этапов:

- установление целей оценивания и конкретной группы потребителей, с позиций которых будет проведено оценивание;
- определение метода оценивания и вариантов окончательного решения о качестве продукции;
- выбор единичных показателей качества с учетом действующей нормативной документации, передовых научных разработок и опыта работы ведущих производителей аналогичной продукции;
- ранжирование единичных показателей качества по их значимости в общей оценке или по их влиянию на результативность (эффективность) технологических процессов;
- измерение фактических значений выбранных единичных показателей и накопление статистических данных в ходе измерений и наблюдений;
- нормирование единичных показателей с использованием действующих нормативных документов и (или) методов математической статистики;
- вычисление значений единичных показателей качества в безразмерной форме и их свертывание в комплексный показатель;
- принятие решения о фактическом уровне качества и степени достижения запланированных результатов по качеству.

ВЫЯВЛЕНИЕ ЕДИНИЧНЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА ПРОДУКЦИИ

Цель работы: ознакомиться с основными правилами выбора номенклатуры единичных показателей качества продукции и их систематизации в удобной и наглядной форме.

1. ОСНОВНЫЕ СВЕДЕНИЯ

Согласно международному стандарту ИСО 9000:2000 под качеством понимают «степень соответствия присущих характеристик продукции, услуги или процесса требованиям потребителей и других заинтересованных сторон».

Качество продукции можно оценить количественно с помощью единичных, комплексных и интегральных показателей.

Единичный показатель качества (ЕПК) продукции может быть выделен на уровне конкретного свойства или на уровне его количественной характеристики и характеризует одно из ее свойств (простое свойство), которое может быть оценено независимо от других свойств, входящих в оценку качества продукции. Примерами таких показателей на уровне свойств (количественных характеристик) могут быть: сырьевой состав (содержание различных видов волокон в изделии), прочность (абсолютная разрывная нагрузка тканей), поврежденность (количество царапин на поверхности изделия).

Комплексный показатель качества (КПК) продукции характеризует совокупность единичных показателей качества, образующих условную (средневзвешенную) или реальную оценку качества продукции. Примерами реальных показателей могут быть: работа разрыва тканей (группа механических свойств), средний входной уровень дефектности (дефектность).

Интегральный показатель качества (ИПК) представляет собой один из вариантов оценки конкурентоспособности продукции, который характеризует качество продукции в целом с точки зрения ее общей эффективности и выражается отношением суммарного полезного эффекта от использования продукции по назначению к цене ее потребления (или суммарным затратам на ее создание и применение в соответствии с назначением). Полезный эффект может выражаться в любых натуральных, условных или стоимостных единицах.

Общий алгоритм оценивания качества продукции (услуги, процесса) сводится к последовательному выполнению следующих основных этапов: выбору, ранжированию (определение коэффициентов весомости), измерению фактических значений, нормированию и свертыванию ЕПК в комплексный показатель.

Для полной количественной оценки качества продукции важно обоснованно выбрать комплекс ЕПК, не упустив ни одного значимого показателя, но одновременно не перегружая комплекс малозначимыми или трудноопределимыми показателями, что может привести к необоснованному увеличению трудоемкости процесса оценивания качества.

При выборе номенклатуры ЕПК следует руководствоваться нормативными документами на системы показателей качества продукции (межотраслевая система стандартов СПКП), которые разработаны на отдельные виды продукции. В обязательном порядке необходимо включить в оценку качества показатели, характеризующие

безопасность продукции для жизни, здоровья людей и окружающей среды. Использование остальных ЕПК носит рекомендательный характер и может устанавливаться в зависимости от требований потребителя и конкретных условий эксплуатации изделия.

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

Для наглядного представления ЕПК, выбранных для оценивания качества объекта исследования, часто используют так называемое «дерево показателей» («дерево свойств»), которое представляет собой графическое разложение сложного свойства «качество» на совокупность простых свойств (показателей), осуществляемое в виде последовательного многоуровневого подразделения (декомпозиции) каждого более сложного свойства на группу менее сложных (рис.1).

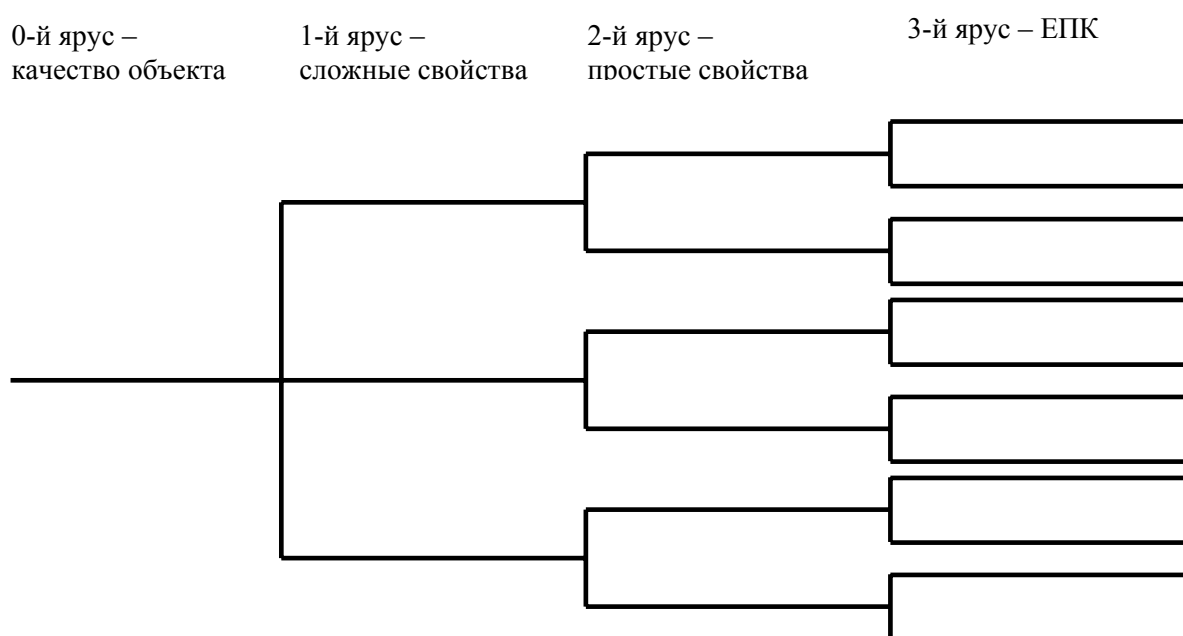


Рис. 1. Схематичное представление «дерева показателей»

«Дерево показателей» предназначено для решения комплекса задач. Во-первых, при его построении дисциплинируется мышление и разработчик начинает четко представлять себе, какие группы свойств составляют в данном случае качество объекта и достаточно ли полно представлены показатели, составляющие данную группу. Во-вторых, «дерево показателей» представляет собой графическое выражение простейшего (но не обязательно окончательного) алгоритма расчета комплексной оценки качества. В дальнейшем после проверки взаимодействия показателей этот алгоритм может быть изменен или отвергнут, но вначале он является точкой отсчета, от которой начинается разработка методики оценивания качества продукции.

2. МЕТОДИКА ВЫПОЛНЕНИЯ И ОФОРМЛЕНИЯ РАБОТЫ

2.1. Для выбранного объекта исследования, используя рекомендации стандартов на номенклатуру показателей качества, построить первый и второй ярусы «дерева

показателей» (рис. 1). При этом следует придерживаться классификации показателей по предметному признаку и отдельно выделять такие сложные свойства, как назначение, безопасность, эргономичность, эстетичность, надежность и др. При необходимости количество верхних ярусов можно увеличить с тем, чтобы разбить предлагаемые сложные свойства на группы (механические, геометрические, оптические, биологические и др.), а затем внутри каждой группы перечислить простые свойства (прочность, разнооттеночность, токсичность, биоповреждаемость и др.).

2.2. Для каждого выделенного простого свойства определить перечень количественных характеристик (ЕПК), определяющих данное свойство (рекомендуется выбрать не менее двух характеристик, но не более семи).

2.3. Осуществить серию измерений k выбранных ЕПК и занести полученные значения x_{ik} в графы 2 и 5 табл. 1 для каждой пары ЕПК отдельного простого свойства.

2.4. Вычислить для каждого показателя средние значения \bar{x}_k и отклонения, возвести их в квадрат и записать в графы 3, 4, 6 и 7 табл. 1. Вычисление отклонений произвести по следующей формуле:

$$\Delta x_{ik} = (x_{ik} - \bar{x}_k). \quad (1)$$

2.5. Найти произведения абсолютных отклонений по каждой паре показателей и записать результаты в графу 8 табл.1.

2.6. По каждой паре показателей вычислить значение коэффициента корреляции:

$$r_{kk'} = \frac{\sum_{i=1}^n \Delta x_{ik} \Delta x_{ik'}}{\sum_{i=1}^n \Delta x_{ik}^2 \sum_{i=1}^n \Delta x_{ik'}^2}, \quad (2)$$

где k' – порядковый номер парного показателя качества;

i – порядковый номер испытания $k(k')$ – го показателя качества.

2.7. Проанализировать значения парных коэффициентов корреляции и установить оптимальную номенклатуру единичных показателей качества для выбранного объекта (достроить 3-й ярус «дерева показателей»). Если значение парного коэффициента корреляции окажется выше 0,85, то один из показателей данной пары, а именно тот, который имеет меньший коэффициент корреляции с другими показателями группы, следует исключить из дальнейшего оценивания.

Таблица 1

Определение значений ЕПК для вычисления парного коэффициента корреляции

Номер измерения i	Значения ЕПК и результатов промежуточных вычислений						
	x_{ik}	Δx_{ik}	Δx_{ik}^2	$x_{ik'}$	$\Delta x_{ik'}$	$\Delta x_{ik'}^2$	$\Delta x_{ik} * \Delta x_{ik'}$
1	2	3	4	5	6	7	8
1							
2							
...							
10							
Сумма							
Среднее		-	-		-	-	-

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПОДГОТОВКИ

1. Что понимают под качеством продукции?
2. Дайте определение единичному, комплексному и интегральному показателям качества.
3. Назовите основные этапы построения комплексного показателя качества.
4. Что понимают под термином «дерево показателей» продукции?
5. Назовите основные этапы и формы изображения «дерева показателей».
6. Какие правила необходимо соблюдать при построении «дерева показателей»?

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 2

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 и неограниченном числе.

1. ОСНОВНЫЕ СВЕДЕНИЯ

В текстильной и легкой промышленности для определения коэффициентов весомости ЕПК наиболее часто используют метод экспертных оценок, который включает в себя следующие основные этапы:

- формирование группы специалистов-экспертов;
- подготовка опроса экспертов;
- осуществление опроса экспертов;
- обработка экспертных оценок.

Общими требованиями, которые предъявляются к специалистам, привлекаемым в качестве экспертов, принято считать их достаточную профессиональную квалификацию и информированность по обсуждаемому вопросу, деловитость и объективность. Важным условием, которому должен отвечать эксперт, является отсутствие заинтересованности в конкретном результате экспертизы. Число экспертов зависит от требуемой точности оценок, допустимой трудоемкости оценочных процедур, а также возможностей организации работы группы экспертов. На практике оптимальное число экспертов составляет 7...12 человек.

Опрос экспертов может проводиться в форме очного или заочного анкетирования. В первом случае эксперт при ответах на вопросы, сформулированные в специально разработанной анкете, может дополнительно пользоваться общими организационными указаниями лица, проводящего опрос. Во втором случае эксперт заполняет карту опроса, пользуясь только текстом пояснительной записки.

Возможно проведение операции ранжирования для ограниченного и неограниченного числа ЕПК. Рассмотрим оба эти варианта.

При варианте ранжирования для ограниченного числа ЕПК экспертам предлагается дать ранговую оценку заранее определенного количества показателей качества продукции. Ранговая оценка сводится к обозначению степени важности каждого показателя рангом. Наиболее важный показатель обозначают рангом $R_{ij} = 1$, а наименее значимый – рангом $R_{ij} = n$, где n - число оцениваемых единичных показателей. Если эксперт считает несколько показателей равноценными по значимости, то им

присваиваются равные ранги, но сумма их должна быть равна сумме мест при их последовательном расположении. Например, три показателя, по мнению j -го эксперта, должны занимать по степени важности одинаковое второе место, тогда сумма мест при их последовательном расположении будет равна $2 + 3 + 4 = 9$. Следовательно, ранговая оценка этих трех показателей будет равна $R_{ij} = 9 / 3 = 3$.

Согласованность мнений экспертов в отношении важности каждого свойства оценивают по формуле

$$v_i = 100 \sigma_i / \bar{R}_i, \quad (3)$$

где v_i - коэффициент вариации мнений экспертов по каждому i -му показателю качества;

$$\sigma_i = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^m (\bar{R}_i - R_{ij})^2}{m-1}} \quad \text{- среднеквадратическое отклонение по каждому } i\text{-му показателю качества;}$$

\bar{R}_i - средний по всем экспертам ранг i -го показателя качества;

R_{ij} - ранг i -го показателя качества, предоставленный j -м экспертом;

m - число экспертов.

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

Для оценки общей согласованности мнений экспертов определяют коэффициент конкордации по формуле

$$W = \frac{\sum_{i=1}^n (S_i - \bar{S})^2}{12^{-1} m^2 (n^3 - n) - m \sum_{j=1}^m F_j}, \quad (4)$$

где S_i - сумма ранговых оценок экспертов по каждому i -му единичному показателю;

$\bar{S} = 0,5m(n+1)$ - средняя сумма рангов для всех единичных показателей;

n - число единичных показателей;

$F_j = 12^{-1} \sum_{g=1}^u (t_g^3 - t_g)$ - 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.

Значения W могут находиться в пределах от нуля до единицы. Согласованность мнений экспертов будет тем лучше, чем ближе W к единице. Значение $W = 0$ свидетельствует о полном безразличии или несогласованности мнений экспертов. При $W = 1$ мнения всех экспертов полностью совпадают. Значимость W оценивают по критерию χ^2 :

$$\chi^2 = W m (n - 1). \quad (5)$$

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

Таблица 2

Значения квантиля χ^2 - распределения при различном числе степеней свободы

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

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

Для выявления экспертов, ранговые оценки которых в большей степени отличаются от суммарных оценок весомости S_i , последние заменяют соответствующими рангами, 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

$$\Delta R_{ji} = |R_{ji} - R(S_i)|. \quad (6)$$

Очевидно, что максимальное значение суммы $\sum_{i=1}^n \Delta R_{ji}$ 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 по рассмотренной выше методике. Если величина W говорит о хорошей согласованности мнений экспертов ($W \geq 0,6$), то дальше переходят к расчету коэффициентов весомости α_i по формуле

$$\alpha_i = S_{ki}^{-1} / \sum_{i=1}^n S_{ki}^{-1}. \quad (7)$$

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 весомости существенно значимых показателей подсчитывают по формуле $\alpha_{i0} = \alpha_i^* / \sum \alpha_i^*$, где α_i^* - коэффициенты весомости показателей, для которых выполняется условие $\alpha_i^* > 1/n$.

При ранжировании неограниченного числа единичных показателей качества каждый эксперт может давать свой неограниченный комплекс показателей, ранжированный в порядке убывания значимости. При этом число показателей у привлекаемых экспертов может быть неодинаковым. Будем считать, что показатели, которым эксперт не дал оценку, имеют одинаковый наихудший ранг. Выражения для вычисления ранговых оценок недостающих ЕПК приведены в табл. 3. Полученные таким образом недостающие ранговые оценки обрабатываются по методике, рассмотренной выше.

Выражения для расчета ранговых оценок недостающих показателей качества

Ранговые оценки недостающих показателей качества при их количестве n'					
1	2	3	4	5	6
n	$n - 0,5$	$n - 1,0$	$n - 1,5$	$n - 2,0$	$n - 2,5$

Приведем пример применения метода экспертных оценок для определения коэффициентов весомости деловых и человеческих качеств руководителя предприятия (подразделения). Предполагается, что эксперты могут предложить любой набор значимых, по их мнению, показателей (черт). Для облегчения оценочных процедур можно применить смешанный метод, когда экспертам предлагается базовый перечень показателей, который может быть дополнен или сокращен по усмотрению эксперта. В данной ситуации оценивания базовый перечень состоит из 14 характерных черт:

- опытность (стаж руководящей работы);
- лидерство (авторитет среди персонала);
- компетентность (наличие соответствующего образования);
- коммуникабельность (умение общаться);
- порядочность (уровень воспитания и культуры);
- убежденность (умение убеждать собеседника);
- способность распределять и организовывать работу;
- требовательность (стремление к выполнению планов);
- дальновидность (умение видеть перспективы);
- ответственность (умение отвечать за свои слова и поступки);
- надежность (умение выполнять обещания);
- способность контролировать свое настроение;
- способность к риску (здоровый авантюризм);
- пунктуальность (умение четко ставить задачу).

Эксперты выбирают из этого перечня важные, по их мнению, черты и (или) предлагают свои варианты, отсутствующие в базовом перечне. После этого выбранные черты характера обозначают рангом по степени важности каждой из черт.

2. МЕТОДИКА ВЫПОЛНЕНИЯ И ОФОРМЛЕНИЯ РАБОТЫ

2.1. Провести ранжирование установленных в работе 1 единичных показателей качества при ограниченном их количестве.

2.1.1. Заполнить строки 1 ... 7 табл. 4.

2.1.2. Оценить согласованность мнений экспертов относительно важности каждого i -го единичного показателя с использованием выражения (3).

2.1.3. Рассчитать коэффициент конкордации W по формуле (4) и оценить его значимость по критерию χ^2 , используя выражение (5).

2.1.4. Проанализировать величину W : если $W < 0,6$, то необходимо выявить эксперта, чьи оценки наиболее отличаются от других. Для этого заполнить строки 8...16 по результатам расчетов по формуле (6). Если $W \geq 0,6$, то строки 8...16 не заполняются, а в строку 17 переписывают значение S_i^{-1} .

2.1.5. Вычислить коэффициенты весомости показателей качества α_i по выражению (7), выявить существенно значимые ЕПК и рассчитать их коэффициенты весомости α_{i0} .

Оценить значимость неограниченного числа ЕПК.

2.2.1. Записать мнения экспертов относительно важности выбранных ими единичных показателей качества в строки 1 ... 5 сводной табл. 5, причем число единичных показателей качества у всех экспертов может быть различно. Напротив недостающих ЕПК поставить прочерк. Записать ранговые оценки недостающих показателей качества в строки 6...10 табл. 5, используя формулы табл. 3.

2.2.2. Заполнить строки 11 ... 13 табл. 5 и повторить действия, описанные в пп. 2.1.2 ... 2.1.5.

Таблица 4

Результаты экспертной оценки ограниченного числа показателей качества

Номер строки	Шифр эксперта	Ранговые оценки показателей качества R_{ij}					Сумма	F_j
		x_1	...	x_i	...	x_n		
1	1							
2	...							
3	j							
4	...							
5	m							
6	S_i							
7	$(S_i - \bar{S})^2$							—
8	$R(S_i)$							—
9	ΔR_{i1}							—
10	...							—
11	ΔR_{ij}							—
12	...							—
13	ΔR_{im}							—
14	S_{ki}							—
15	$S_{ki} - \bar{S}_k$							—
16	$(S_{ki} - \bar{S}_k)^2$							—
17	S_{ki}^{-1}							—
18	α_i						1,0	—
19	α_{i0}						1,0	—

Таблица 5

Результаты экспертной оценки неограниченного числа показателей качества

Номер строки	Шифр эксперта	Ранговые оценки показателей качества R_{ij}					Сумма	F_j
		x_1	...	x_i	...	x_n		
1	1						—	—
2	...						—	—
3	j						—	—
4	...						—	—
5	m						—	—
Ранговые оценки показателей качества с учетом недостающих								
6	1							
7	...							
8	j							
9	...							
10	m							
11	S_i							
12	$S_i - \bar{S}$							—

13	$(S_i - \bar{S})^2$							—
14	S_i^{-1}							—
15	α_i							—
16	α_{i0}							—

Сделать вывод о степени значимости выбранных показателей и целесообразности их дальнейшего использования в процессе оценки.

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПОДГОТОВКИ

1. В чем сущность экспертного метода определения коэффициентов весомости единичных показателей качества?
2. Перечислите особенности применения экспертного метода для оценки значимости показателей качества при их ограниченном и неограниченном числе.
3. Как оценивают общую согласованность мнений экспертов?
4. Каким образом оценивают согласованность мнений экспертов относительно важности какого-либо конкретного ЕПК?
5. Исходя из какого условия выбирают существенно значимые показатели качества?

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 3

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.

1. ОСНОВНЫЕ СВЕДЕНИЯ

Применение метода разности медиан рекомендуется для группы экспертов, имеющих недостаточную квалификацию или информированность в области изучения свойств рассматриваемой продукции. При использовании данного метода для оценки значимости единичных показателей качества экспертам нет необходимости знать и ранжировать отдельные показатели качества продукции.

Экспертам предлагается сравнить несколько вариантов одноименной продукции и оценить их в условных единицах, например в баллах по пятибалльной шкале. Затем определяют фактические значения выбранных заранее единичных показателей качества продукции. Вычисляют средние значения ЕПК и обозначают текущие результаты знаком «+», если они окажутся лучше среднего, и знаком «-», если - хуже среднего. При кодировании необходимо учитывать разделение единичных показателей на позитивные и негативные. Все обозначения представляют в виде кодированной матрицы.

Затем строят диаграмму 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 «-» (рис. 2). Далее находят медианы точек на уровнях «+» и «-» и абсолютную разницу между значениями медиан (медиана – значение признака, которое делит всю совокупность, представленную в виде вариационного ряда, на две равные по

числу вариантов части). Коэффициенты весомости показателей качества рассчитывают по формуле

$$\alpha_i = \Delta M_i / \sum_{i=1}^n \Delta M_i, \quad (8)$$

где ΔM_i – абсолютная разность медиан на уровнях «+» «-» для i -го единичного показателя качества;

n - число единичных показателей качества.

Приведем пример применения метода разности медиан для определения весомости показателей качества костюмной льнолавсановой ткани. В табл. 6 приведены экспертные оценки по пятибалльной шкале и фактические значения показателей качества восьми вариантов костюмных тканей.

На основании анализа фактических средних значений составлена кодированная матрица показателей (знаком «+» обозначены показатели, значения которых лучше средних, знаком «-» – показатели, значения которых хуже средних). По данным этой матрицы построена точечная диаграмма рассеивания (рис. 2) и найдены значения медиан на уровнях «+» $(M_i)^+$ и «-» $(M_i)^-$. Затем по формуле (8) рассчитаны коэффициенты весомости единичных показателей качества.

Существенно значимыми в рассматриваемом примере являются показатели, для которых $\alpha_i > 1/n = 1/6 = 0,17$. Такими показателями оказались усадка после замачивания, коэффициент несминаемости, пиллингуемость, коэффициент повреждаемости ткани от прокола иглой.

Таблица 6

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	2	3	4	5	6	7	8
1	5,00	5,2	1,5	74	8	30	4
2	4,50	5,0	1,6	75	5	20	3
3	4,00	5,3	4,0	75	6	22	5
4	3,50	4,5	1,5	80	3	15	3
5	3,00	4,8	1,7	66	5	25	2
6	2,50	5,1	5,2	65	4	10	4
7	2,00	4,9	4,5	60	6	18	5
8	1,00	3,8	4,0	65	2	14	3
Среднее	—	4,825	3,0	70,0	4,875	19,25	3,625
Кодированная матрица показателей							
1	5,00	+	+	+	-	-	+
2	4,50	+	+	+	-	-	-
3	4,00	+	-	+	-	-	+
4	3,50	-	+	+	+	+	-
5	3,00	-	+	-	-	-	-
6	2,50	+	-	-	+	+	+
7	2,00	+	-	-	-	+	+
8	1,00	-	-	-	+	+	-

Окончание табл. 6

1	2	3	4	5	6	7	8
$(M_i)^+$	—	4,0	4,00	4,25	2,50	2,25	3,25
$(M_i)^-$	—	3,0	2,25	2,25	4,00	4,25	3,25
$\Delta M_i =$ $= (M_i)^+ - (M_i)^- $	—	1,0	1,75	2,00	1,50	2,00	0,00
α_i	—	0,122	0,212	0,242	0,182	0,242	0,00
α_{i0}	—	—	—	—	—	—	—

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.

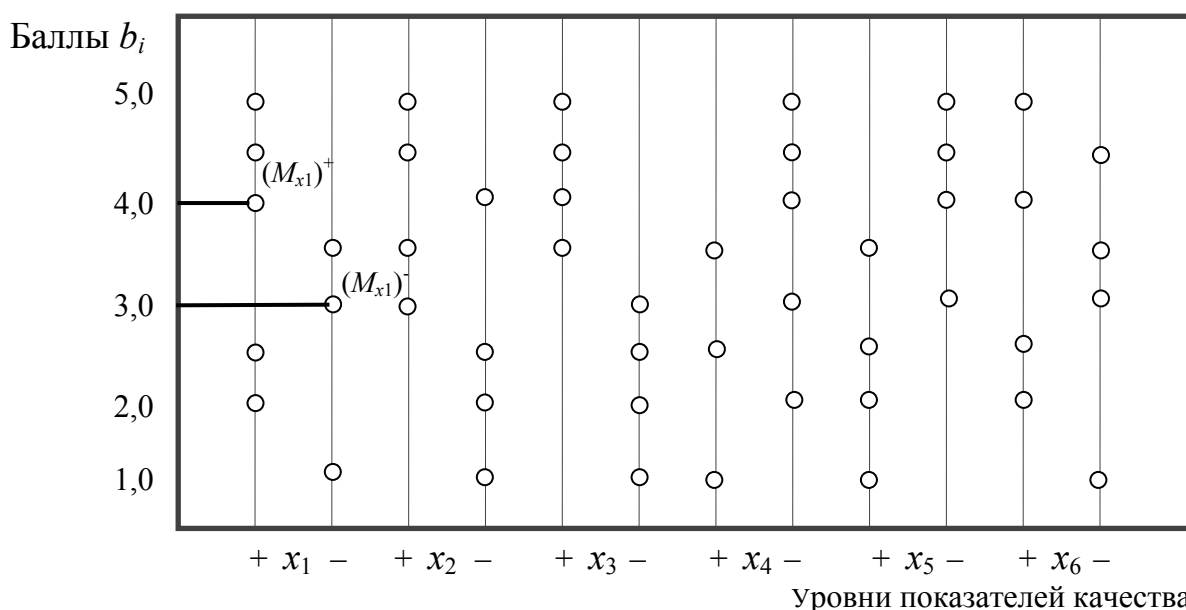


Рис. 2. Точечная диаграмма рассеивания показателей качества костюмных тканей

2. МЕТОДИКА ВЫПОЛНЕНИЯ И ОФОРМЛЕНИЯ РАБОТЫ

2.1. Получить от преподавателя вариант контрольного задания и рассчитать средние значения единичных показателей качества, а затем составить кодированную матрицу показателей (примечание: для негативных показателей значения выше среднего кодируются знаком «-», значения ниже среднего - знаком «+», для позитивных показателей действия обратные). Результаты представить в форме табл. 6.

2.2. Построить точечную диаграмму рассеивания единичных показателей качества (рис.2) и определить значения $(M_i)^+$, $(M_i)^-$ и ΔM_i .

2.3. Рассчитать коэффициенты весомости единичных показателей качества согласно выражению (8) и выбрать существенно значимые показатели качества.

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПОДГОТОВКИ

1. В каких случаях применяется метод разности медиан?
2. Какие показатели называют позитивными, негативными и нейтральными?
3. Назовите этапы определения коэффициентов весомости единичных показателей качества продукции методом разности медиан.
4. Как определяют медиану для четного и нечетного количества точек ряда?
- 5.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 4

ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТОВ ВЕСОМОСТИ ЕДИНИЧНЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА ПРОДУКЦИИ ПО НОМИНАЛЬНЫМ И ПРЕДЕЛЬНО ДОПУСТИМЫМ ЗНАЧЕНИЯМ

Цель работы: изучить особенности применения метода номинальных и предельно допустимых значений для расчета коэффициентов весомости показателей качества продукции.

1. ОСНОВНЫЕ СВЕДЕНИЯ

Основным недостатком экспертных методов является определенная субъективность получаемой оценки качества исследуемых объектов. Для исключения субъективного фактора в определении взаимосвязи между единичными показателями предпочтительно применение аналитических методов определения коэффициентов весомости показателей качества продукции.

Наиболее часто из известных аналитических методов определения коэффициентов весомости применяется метод, основанный на номинальных и предельно допустимых значениях единичных показателей качества продукции. Предельно допустимые значения задаются в различных НТД, определяющих требования к продукции заданного качества. В табл. 7 приведены формулы для вычисления коэффициентов весомости показателей качества, используемых для определения комплексных показателей Q с различными способами усреднения.

Недостатком данного метода является то, что результат ранжирования может зависеть от фактических значений единичных показателей. Поэтому его применение возможно при стабильном состоянии процесса или при наличии установленных нормативов по выбранным ЕПК.

Таблица 7

Выражения для подсчета комплексных средневзвешенных показателей качества

Формула комплексного показателя	Формулы для расчета α_i
$Q = \sum_{i=1}^n q_i \alpha_i$ (среднеарифметический)	$\alpha_i = (\Delta x_i)^{-1} / \sum_{i=1}^n (\Delta x_i)^{-1}$
$Q = \prod_{i=1}^n q_i^{\alpha_i}$ (среднегеометрический)	$\alpha_i = \lg(Ix_i) / \sum_{i=1}^n \lg(Ix_i)$
$Q = 1 / \sum_{i=1}^n (\alpha_i / q_i)$ (среднегармонический)	$\alpha_i = \frac{Px_i / \Delta x_i}{\sum_{i=1}^n (Px_i / \Delta x_i)}$

Примечание:
$$\begin{cases} \Delta x_i = \bar{x}_i - (x_i^{nped})_{\min} \\ Ix_i = \bar{x}_i / (x_i^{nped})_{\min} \\ Px_i = \bar{x}_i (x_i^{nped})_{\min} \end{cases} \text{ - для } \begin{cases} \text{ПОЗИТИВНЫХ} \\ \text{показателей;} \end{cases}$$

$$\begin{cases} \Delta x_i = (x_i^{nped})_{\max} - \bar{x}_i \\ Ix_i = (x_i^{nped})_{\max} / \bar{x}_i \\ Px_i = \bar{x}_i (x_i^{nped})_{\max} \end{cases} \text{ - для } \begin{cases} \text{НЕГАТИВНЫХ} \\ \text{показателей;} \end{cases}$$

q_i – единичные показатели качества в безразмерной форме;

\bar{x}_i - номинальное значение i -го показателя, определяемое в техническом задании или как среднее статистическое для продукции, удовлетворяющей требованиям нормативно-технической документации;

$(x_i^{nped})_{\min}$ - предельное значение i -го позитивного показателя, определяющее наихудшее, но допустимое его значение, ниже которого этот показатель опускаться не может;

$(x_i^{nped})_{\max}$ - предельное значение i -го негативного показателя, определяющее наихудшее, но допустимое его значение, выше которого этот показатель подниматься не может.

2. МЕТОДИКА ВЫПОЛНЕНИЯ И ОФОРМЛЕНИЯ РАБОТЫ

2.1. Получить от преподавателя данные серии измерения единичных показателей, входящих в комплексную оценку, и оформить их в табл. 8.

2.2. Рассчитать средние значения показателей и выбрать по соответствующей нормативно-технической документации предельно допустимые значения единичных показателей качества, входящих в комплексную оценку. Результаты записать в табл. 8.

Таблица 8

Первичные данные для вычисления коэффициентов весомости ЕПК

Обозначение показателя	Значение показателя в серии испытаний										\bar{x}_i	$(x_i^{nped})_{\min}$ или $(x_i^{nped})_{\max}$
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
x_1												
...												
x_i												
...												
x_n												

2.3. Вычислить коэффициенты весомости показателей качества, используемых для расчета комплексного среднеарифметического (строка 1 табл. 7), среднегеометрического (строка 2 табл. 7) и среднегармонического (строка 3 табл. 7) показателей качества продукции.

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПОДГОТОВКИ

1. Назовите достоинства и недостатки применения экспертных методов для определения коэффициентов весомости показателей.

2. В чем сущность метода номинальных и предельно допустимых значений?

3. Каким недостатком обладает метод номинальных и предельно допустимых значений и как свести этот недостаток к минимуму?

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТОВ ВЕСОМОСТИ
ЕДИНИЧНЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА ПРОДУКЦИИ
МЕТОДОМ КОРРЕЛЯЦИОННО-РЕГРЕССИОННОГО АНАЛИЗА**

Цель работы: получить практические навыки применения корреляционного анализа для определения коэффициентов весомости показателей качества продукции.

1. ОСНОВНЫЕ СВЕДЕНИЯ

Наиболее объективным методом установления зависимости между комплексным показателем качества и единичными показателями, входящими в его состав, является метод корреляционного анализа, основанный на обработке опытно-статистических данных.

Наличие корреляционно-регрессионной зависимости между выбранными показателями устанавливается по следующим этапам:

- отбор статистических данных по всей номенклатуре показателей, включая априорно спроектированный комплексный показатель;
- составление уравнения регрессии и вычисление коэффициентов регрессии;
- оценка точности полученного уравнения.

Уравнением регрессии в математической статистике называется уравнение, устанавливающее связь между независимыми переменными (факторами) и зависимой переменной (функцией). Если связь определяется для трех и более переменных, то оно называется уравнением множественной регрессии.

При выборе учитываемых показателей (факторов) следует руководствоваться логически-профессиональным анализом, обращая внимание на физическую природу причинно-следственных связей между факторами. Включение в формулу факторов, связь которых нельзя объяснить ни логически, ни профессионально, приведет к ошибочной модели. Кроме того, выбираемые показатели не должны находиться между собой в функциональной или близкой к ней связи. Важным условием является представление всех учитываемых показателей в единой безразмерной шкале.

При отборе статистических данных необходимо обеспечить независимость результатов наблюдений по исследуемым объектам и представительность выборочных данных. Если количество объектов невелико ($N < 30$), то для исследования следует принять все данные. При большом числе объектов следует применить методы случайного отбора (метод наибольшей объективности «вслепую», систематический отбор, отбор с использованием таблицы случайных чисел).

При составлении уравнения регрессии необходимо определить его вид. Существуют линейные и нелинейные зависимости. Линейные модели выражаются уравнением более простого вида, поэтому по возможности нелинейные зависимости стремятся перевести к линейному виду. Линейное уравнение комплексного показателя качества описывается выражением

$$Q = a_0 + a_1q_1 + a_2q_2 + \dots + a_nq_n, \quad (9)$$

где Q – комплексный показатель качества;

q_1, q_2, \dots, q_n – единичные показатели качества в безразмерной форме;

a_0 – свободный член уравнения;

a_1, a_2, \dots, a_n – коэффициенты регрессии (весомости).

Если комплексный показатель имеет нелинейную зависимость от единичных показателей, то выражение будет иметь вид

$$Q = 10^{a_0} q_1^{a_1} q_2^{a_2} \dots q_n^{a_n}. \quad (10)$$

После логарифмирования оно приводится к линейному виду

$$\lg Q = a_0 + a_1 \lg q_1 + a_2 \lg q_2 + \dots + a_n \lg q_n. \quad (11)$$

Методика решения уравнений (9) и (11) одинакова. Целью расчетов является определение значений свободного члена уравнения и коэффициентов при единичных показателях качества.

2. МЕТОДИКА ВЫПОЛНЕНИЯ И ОФОРМЛЕНИЯ РАБОТЫ

2.1. Провести серию измерений (наблюдений) или получить выборочные данные у преподавателя и занести их в графы 2...5 табл. 9.

2.2. Установить среднее арифметическое значение \bar{q}_i по каждому учитываемому показателю.

2.3. Определить отклонения каждого текущего значения от среднего арифметического Δq_{ij} , записать отдельные результаты и их сумму в графы 6...9 табл. 9.

2.4. Определить и записать в графы 10...14 табл. 9 парные произведения отклонений по всем возможным сочетаниям показателей. Количество сочетаний определяется выражением $0,5n(n + 1)$.

2.5. Возвести отклонения в квадрат. Отдельные результаты и их сумму записать в графы 15...18 табл. 9.

Таблица 9

Первичные данные для вычисления парных коэффициентов корреляции

№ п/п исп.	q_{1j}	q_{2j}	...	q_{nj}	Δq_{1j}	Δq_{2j}	...	Δq_{nj}	Δq_{1j} *	...	Δq_{2j} *	Δq_{1j} *	$\Delta^2 q_{1j}$	$\Delta^2 q_{2j}$...	$\Delta^2 q_{nj}$
									Δq_{2j} *		Δq_{nj} *	Δq_{nj} *				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	12	13	14	15	16	17	18
1																
2																
...																
j																
...																
m																
Сумма																
Среднее					-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

2.6. Определить значения среднеквадратических отклонений учитываемых факторов σ_{q_i} , которые характеризуют рассеивание результатов относительно среднего арифметического значения. Вычисления произвести по формуле

$$\sigma_{q_i} = \sqrt{\left(\sum_{j=1}^m \Delta^2 q_{ij} \right) / m}, \quad (12)$$

где m – объем статистической выборки.

2.7. Вычислить коэффициент вариации для каждого учитываемого показателя v_i :

$$v_i = 100 \sigma_{q_i} / \bar{q}_i. \quad (13)$$

Если $v_i < 10\%$, то дальнейшее применение статистических методов является корректным, в противном случае следует провести испытания с большим объемом выборки.

2.8. Рассчитать коэффициент парной корреляции $r_{ii'}$ между всеми учитываемыми показателями попарно, включая комплексный показатель качества (результаты занести в табл. 10):

$$r_{ii'} = \frac{\sum_{j=1}^m \Delta q_{ij} \Delta q_{i'j}}{\sum_{j=1}^m \Delta^2 q_{ij} \sum_{j=1}^m \Delta^2 q_{i'j}}, \quad (14)$$

где i - порядковый номер учитываемого показателя ($i = 1, 2, \dots, n$);

i' - порядковый номер парного учитываемого показателя ($i' = 1, 2, \dots, n, i' \neq i$).

Величина коэффициента корреляции может изменяться в пределах $[-1; 1]$. При $r_{ii'} = \pm 1$ связь между переменными носит функциональный характер. Такие переменные не следует включать в уравнение вместе. При $r_{ii'} = 0$ связь между переменными отсутствует, такие показатели также не следует включать в уравнение, так как результат может оказаться ошибочным.

Таблица 10

Сводная таблица парных коэффициентов корреляции

Обозначение показателя	Значения коэффициентов парной корреляции				
	Q	q_1	q_2	...	q_n
q_1		1			
q_2			1		
...				1	
q_n					1

2.9. Установить достоверность каждого коэффициента парной корреляции по критерию Стьюдента:

$$t_{ii'} = |r_{ii'}| / \sigma_{ii'}^0, \quad (15)$$

где $\sigma_{ii'}^0 = (1 - r_{ii'}^2) / \sqrt{m}$.

Критерий Стьюдента помогает оценить значимость выявленной связи. Если объем выборки достаточно велик, то распределение коэффициента корреляции можно считать нормальным. Тогда, если $t_{ii'} > t_{\tau}$ [$P = 0,95; m$], можно считать, что найденный коэффициент корреляции значительно отличается от нуля и прямолинейная связь, которую он характеризует, не случайна. В противном случае наличие прямолинейной связи между показателями не доказано, следовательно, нужно применить нелинейное уравнение.

2.10. Составить и решить систему нормальных уравнений в стандартизованном масштабе. Стандартизованный масштаб используется для того, чтобы сравнить зависимость между различными показателями, имеющими различный физический смысл и соответственно различные единицы измерения. При стандартизованном масштабе в качестве универсальной единицы измерения показателя принимается его среднеквадратическое отклонение.

Система нормальных уравнений в стандартизованном масштабе имеет следующий вид:

$$\left. \begin{aligned} r_{Qq_1} &= \beta_1 + \beta_2 r_{q_1 q_2} + \dots + \beta_n r_{q_1 q_n}, \\ r_{Qq_2} &= \beta_1 r_{q_2 q_1} + \beta_2 + \dots + \beta_n r_{q_2 q_n}, \\ &\dots, \\ &\dots, \\ r_{Qq_n} &= \beta_1 r_{q_n q_1} + \beta_2 r_{q_n q_2} + \dots + \beta_n, \end{aligned} \right\} \quad (16)$$

где $\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_n$ – масштабные коэффициенты.

Значения масштабных коэффициентов определяют решением системы n уравнений с n неизвестными. Для этой цели можно применить любой известный метод (метод Гаусса, матричный способ).

2.11. Найти значение совокупного коэффициента множественной корреляции $R_{Qq_1 q_2 \dots q_n}$, который является характеристикой тесноты связи между всеми учитываемыми показателями, по следующей формуле:

$$R_{Qq_1 q_2 \dots q_n} = \sqrt{r_{Qq_1} \beta_1 + r_{Qq_2} \beta_2 + \dots + r_{Qq_n} \beta_n}. \quad (17)$$

Этот коэффициент изменяется в пределах от 0 до 1. При $R_{Qq_1 q_2 \dots q_n} = 1$ все точки факторного пространства лежат на поверхности регрессии и, следовательно, между факторами существует функциональная связь. При $R_{Qq_1 q_2 \dots q_n} = 0$ наличие корреляционной связи не доказано.

2.12. Вычислить квадрат коэффициента множественной корреляции – коэффициент детерминации D . Его величина показывает, какая часть величины колебаний комплексного показателя обусловлена величиной включенных в модель единичных показателей.

2.13. Определить значения коэффициентов уравнения множественной регрессии в натуральном масштабе:

$$a_i = \beta_i \sigma_Q / \sigma_{q_i}. \quad (18)$$

2.14. Найти значение свободного члена уравнения множественной регрессии:

$$a_0 = \bar{Q}_\phi - a_1 \bar{q}_1 - a_2 \bar{q}_2 - \dots - a_n \bar{q}_n. \quad (19)$$

Подставив найденные значения в уравнение множественной регрессии, получить расчетную формулу комплексного показателя качества. Значения коэффициентов регрессии можно интерпретировать как коэффициенты весомости единичных показателей.

2.15. Оценить точность уравнения регрессии путем проведения конкретных расчетов значений комплексного показателя в зависимости от значений единичных показателей. Результаты занести в табл. 11.

Данные для определения точности полученного уравнения регрессии

№ испытания	$(Q_{\phi})_j$	$(Q_p)_j$	$(Q_p - Q_{\phi})_j$	$(Q_p - Q_{\phi})_j^2$
1				
2				
...				
j				
...				
m				
Сумма				
Среднее		-	-	

2.16. Найти среднеквадратическое отклонение σ_R расчетных значений КПК от фактических значений, принятых в качестве исходных:

$$\sigma_R = \sqrt{\sum_{j=1}^m (Q_p - Q_{\phi})_j^2 / m}, \quad (20)$$

где $(Q_p)_j$ и $(Q_{\phi})_j$ - соответственно расчетное и фактическое значения КПК.

2.17. Рассчитать коэффициент вариации расчетных величин v_R по формуле

$$v_R = 100\sigma_R / \bar{Q}_{\phi}. \quad (21)$$

Если этот коэффициент окажется достаточно мал ($v_R < 10\%$), то результаты расчета могут быть признаны удовлетворительными.

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПОДГОТОВКИ

1. Какова последовательность определения коэффициентов весомости ЕПК методом корреляционного анализа?
2. Что называется уравнением регрессии и какие виды уравнений встречаются на практике?
3. Что характеризует парный коэффициент корреляции?
4. Каким образом оценивают достоверность коэффициентов корреляции?
5. Для чего необходимо составление системы нормальных уравнений в стандартизованном масштабе?
6. Как оценить точность полученного уравнения КПК?

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 6

ПОСТРОЕНИЕ ГИСТОГРАММЫ ВЫБОРОЧНОГО ЭМПИРИЧЕСКОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ И ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЕГО СТАТИСТИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК

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

1. ОСНОВНЫЕ СВЕДЕНИЯ

При оценке результатов испытаний необходимо знать закон их распределения. Он дает полную картину варьирования исследуемого свойства и наглядно демонстрирует тенденции изменения наблюдаемых значений. Знание закона распределения позволяет определить границы между случайными и неслучайными (вызванными нарушениями технологического процесса) отклонениями сводных характеристик от запланированного значения.

Получение выборочного эмпирического распределения заключается в проведении испытаний по изучаемому показателю, систематизации и обработке полученных результатов.

Систематизация результатов испытаний выборки сводится к построению ряда распределения, таблицы распределения и в конечном итоге к построению гистограммы. Ряд распределения строят при числе испытаний меньше 50, когда полученные результаты располагают последовательно по мере возрастания или убывания. В таблице, содержащей большое число испытаний (более 50), дают интервалы (классы) полученных результатов и отмечают число результатов (попаданий) в каждом интервале. Гистограмма представляет собой столбчатый график, в котором ширина столбцов соответствует величине интервала, а высота пропорциональна количеству результатов в конкретном интервале.

Количество интервалов k распределения выбирают в зависимости от числа результатов, используя соотношение:

$$k = 1 + 3,32 \cdot \lg n, \quad (22)$$

где n – количество результатов измерений.

Величина интервала значений показателя качества внутри каждого класса рассчитывается по формуле

$$\Delta x = (X_{\max} - X_{\min}) / k, \quad (23)$$

где X_{\max} и X_{\min} – максимальное и минимальное значения выборки соответственно.

Границы каждого класса вычисляются последовательно следующим образом. Для первого интервала наименьшее граничное значение вычисляют из условия

$$(x_1)_{\min} = X_{\min} - 0,5c, \quad (24)$$

где c – цена деления средства измерения контролируемого показателя.

Прибавляя к полученному значению величину Δx , получим наибольшее граничное значение первого интервала $(x_1)_{\max}$. Оно же будет являться нижней границей второго интервала. Аналогично, прибавляя Δx к каждому последующему значению, получим граничные значения для последующих классов. В интервал последнего класса должно входить наибольшее значение X_{\max} .

Центральные значения для каждого интервала определяют по формуле

$$(x_j)_c = 0,5[(x_j)_{\min} + (x_j)_{\max}]. \quad (25)$$

Далее по каждому классу необходимо определить абсолютные и относительные частоты попадания полученных значений показателя качества. Относительная частота попаданий в конкретный интервал определяется отношением абсолютной частоты к общему количеству результатов наблюдений.

Последним шагом является построение столбчатого графика или линейчатого графика (полигона). По оси абсцисс откладывают значения показателя качества, а по оси ординат – частоту. Для каждого класса строят прямоугольник с основанием, равным

ширине интервала, и с высотой, соответствующей частоте попадания данных в этот интервал.

Гистограмма может иметь различную форму, по которой можно судить об условиях и результатах исследуемого процесса:

а) гистограмма с двухсторонней симметрией и острой вершиной указывает на стабильность процесса;

б) гистограмма с пологим плавно вытянутым вправо основанием получается в том случае, когда невозможно получить значения ниже определенного уровня (размер частиц сыпучего материала и др.);

в) гистограмма с пологим плавно вытянутым влево основанием получается в том случае, когда невозможно получить значения выше определенного уровня;

г) двугорбая гистограмма, которая содержит два возвышения с провалом между ними, отражает случаи объединения двух распределений с разными средними значениями (в случае значительной разницы между станками, операторами и т.д.);

д) гистограмма в форме обрыва, у которой один край как бы отрезан, представляет случаи, когда отобранные и исключены из партии все изделия с параметрами ниже (выше) контрольного норматива;

е) гистограмма с отделенным островком выражает случаи, когда была допущена грубая ошибка при измерениях или наблюдались отклонения от нормы в ходе процесса;

ж) гистограмма с провалом («вырванным зубом») получается, когда величина интервала слишком мала и не кратна цене деления или когда оператор ошибается в считывании показаний шкалы.

После построения гистограммы вычисляют основные статистические характеристики полученного распределения. Известные числовые характеристики распределения можно разделить на три группы: характеристики центра группирования (положения), характеристики рассеивания и характеристики формы закона распределения.

К первой группе характеристик относят:

- *среднее арифметическое значение* для индивидуальных значений, рассчитанное по формуле

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i, \quad (26)$$

при наличии распределенных частот

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^k (x_j)_c n_j, \quad (27)$$

где x_i – индивидуальные значения показателя;

n_j – абсолютная частота попадания в j -й интервал;

- *моду* – значение случайной величины, которое встречается в выборке наиболее часто. Точное значение моды можно определить по формуле

$$X_{mo} = \left[(x_{j^*})_c - \frac{\Delta x}{2} \right] + \frac{\Delta x (n_{j^*} - n_{j^*-1})}{(n_{j^*} - n_{j^*-1}) + (n_{j^*} - n_{j^*+1})}, \quad (28)$$

где $(x_{j^*})_c$ – центральное значение интервала с наибольшей частотой;

n_{j^*} – значение наибольшей частоты попадания в гистограмме;

n_{j^*-1} – частота попадания в интервал, предшествующий j^* -му интервалу;

$n_{j^{*}+1}$ - частота попадания в интервал, последующий после j^* -го интервала;

- *медиану* – значение случайной величины, которое делит упорядоченный ряд на две равные по объему группы. При наличии распределенных частот определяется значением параметра x , соответствующим уровню накопленной относительной частоты, равному 0,5.

Ко второй группе статистических характеристик относят:

- *размах варьирования* – разность между наибольшим и наименьшим значениями случайной величины:

$$R_x = X_{\max} - X_{\min}; \quad (29)$$

- *выборочную дисперсию* для индивидуальных значений, рассчитанную по формуле

$$\sigma_x^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}, \quad (30)$$

при наличии частот – по формуле

$$\sigma_x^2 = \frac{\sum_{j=1}^k n_j [(x_j)_c - \bar{x}]^2}{n-1}; \quad (31)$$

- *выборочное среднееквадратическое отклонение* для индивидуальных значений, рассчитанное по формуле

$$\sigma_x = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}}, \quad (32)$$

при наличии частот – по формуле

$$\sigma_x = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^k n_j [(x_j)_c - \bar{x}]^2}{n-1}}; \quad (33)$$

- *коэффициент вариации*, показывающий относительное колебание отдельных значений около среднего арифметического:

$$v_x = 100(\sigma_x / \bar{x}). \quad (34)$$

К третьей группе характеристик относят:

- *коэффициент асимметрии*, характеризующий «скошенность» распределения вправо или влево. При наличии распределенных частот значение коэффициента асимметрии вычисляется по формуле

$$K_a = \frac{\frac{1}{n} \sum_{j=1}^k n_j [(x_j)_c - \bar{x}]^3}{\left(\frac{1}{n-1} \sum_{j=1}^k n_j [(x_j)_c - \bar{x}]^2 \right)^{3/2}}. \quad (35)$$

Если $K_a = 0$, то распределение имеет симметричную форму и сходно с нормальным законом распределения. Если $K_a > 0$, то «центр тяжести» распределения смещен влево, а если $K_a < 0$ – вправо;

- коэффициент эксцесса, характеризующий «островершинность» распределения. При наличии распределенных частот значение коэффициента асимметрии вычисляется по формуле

$$K_3 = \frac{\frac{1}{n} \sum_{j=1}^k n_j [(x_j)_c - \bar{x}]^3}{\left(\frac{1}{n-1} \sum_{j=1}^k n_j [(x_j)_c - \bar{x}]^2 \right)^{3/2}} - 3. \quad (36)$$

Например, для нормального закона распределения $K_3 = 0$, если $K_3 > 0$, то распределение значений на гистограмме имеет более острую вершину, чем у нормального закона и большую концентрацию около среднего значения. При $K_3 < 0$ распределение более растянуто вдоль горизонтальной оси.

Сравнивая полученные значения K_a и K_3 с аналогичными характеристиками известных законов распределения, можно сделать предварительный вывод о соответствии данного эмпирического распределения известному теоретическому закону, например нормальному ($K_a = 0, K_3 = 0$).

2. МЕТОДИКА ВЫПОЛНЕНИЯ И ОФОРМЛЕНИЯ РАБОТЫ

2.1. Для выбранного объекта провести серию испытаний контролируемого показателя или получить у преподавателя выборочные данные, найденные заранее.

2.2. Определить количество классов распределения по формуле (22) и величину интервала в классе по формуле (23).

2.3. Сформировать таблицу распределения результатов по форме табл. 12, используя рекомендации п.1 и формулы (22) ... (25).

Таблица 12

Таблица распределения ЕПК (случайной величины)

Номер класса j	Границы класса $(x_j)_{\min} \dots (x_j)_{\max}$	Среднее значение класса $(x_j)_c$	Отметка числа попаданий	Абсолютная частота попаданий n_j	Относительная частота попаданий n_j/n	Накопленная относительная частота $\Sigma(n_j/n)$
1	2	3	4	5	6	7
1						
2						
...						
k						1,0
Сумма	-	-			1,0	-

Примечание: отметку числа попаданий можно делать любыми символами.

2.4. Построить столбиковую диаграмму и полигон частот на координатной плоскости.

2.5. Построить график накопленных частот по данным графы 7 табл.12.

2.6. Определить основные статистические характеристики эмпирического распределения: среднее арифметическое, моду, медиану, размах варьирования, выборочную дисперсию, выборочное среднеквадратическое отклонение, коэффициент эксцесса и коэффициент асимметрии.

2.7. Сделать предварительный вывод о соответствии фактических данных нормальному закону распределения.

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПОДГОТОВКИ

1. Каково назначение гистограммы и как интерпретировать ее форму?
2. Приведите последовательность операций при построении выборочного закона распределения.
3. Перечислите основные статистические характеристики центра группирования закона распределения.
4. Перечислите основные статистические характеристики степени рассеивания закона распределения.
5. В чем заключается сущность коэффициента асимметрии и эксцесса?

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 7

УСТАНОВЛЕНИЕ НОРМ (НОРМИРОВАНИЕ) ЕДИНИЧНЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА

Цель работы: ознакомиться с принципами установления нормативов числовых значений единичных показателей на основе вероятностной оценки качества товаров.

1. ОСНОВНЫЕ СВЕДЕНИЯ

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

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

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

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

Общая методика установления норм должна включать следующие последовательно выполняемые этапы:

- 1) выбор номенклатуры показателей;
- 2) разработка методов количественной оценки выбранных ЕПК;
- 3) получение и анализ фактических данных о нормируемом показателе;
- 4) расчет и установление норматива.

Рассмотрим два последних этапа процесса нормирования.

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

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

Ориентировочно объем фактических данных можно определить по формуле

$$n \geq t^2 v_x^2 / \delta^2, \quad (37)$$

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

v_x - коэффициент вариации нормируемого ЕПК;

δ - заданная относительная погрешность измерения нормируемого ЕПК.

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

Для определения объема выборки необходимо вычислить гарантийную ошибку одноступенчатой выборки.

Гарантийная ошибка Δ_x^- среднего арифметического:

$$\Delta_x^- = \frac{t \cdot (\sigma_x)_\epsilon}{\sqrt{n-1}} \sqrt{\frac{N-n}{N-1}}, \quad (38)$$

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

Если $N \gg 20$, то формулу (38) можно записать в виде

$$\Delta_x^- = \frac{t \cdot (\sigma_x)_\epsilon}{\sqrt{n-1}}. \quad (39)$$

Гарантийная ошибка Δ_{σ_x} среднеквадратического отклонения:

$$\Delta_{\sigma_x} = \frac{\sqrt{2} \cdot (\sigma_x)_\Gamma}{\sqrt{n}} \sqrt{\frac{N-n}{N-1}}, \quad (40)$$

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

$$(\sigma_x)_\Gamma = \frac{\bar{\sigma}_x}{C_n} \sqrt{\frac{n}{n-1}}, \quad (41)$$

где C_n – коэффициент, зависящий от n и определяемый по табл. 13, для нормального распределения;

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

Если $N \gg 20$, то

$$\Delta_{\sigma_x} = \frac{\sqrt{2} \cdot (\sigma_x)_\Gamma}{\sqrt{n}} \frac{\sqrt{n}}{C_n \sqrt{n-1}}. \quad (42)$$

Если $n \leq 5$ и $n > 30$, то

$$\Delta_{\sigma_x} = \frac{\sqrt{2} \cdot (\sigma_x)_e}{\sqrt{n}}. \quad (43)$$

Гарантийная ошибка Δ_{v_x} коэффициента вариации:

$$\Delta_{v_x} = \frac{\sqrt{2} \cdot (v_x)_\Gamma}{\sqrt{n}} \sqrt{\frac{N-n}{N-1}}, \quad (44)$$

где $(v_x)_\Gamma$ – коэффициент вариации для всей партии:

$$(v_x)_\Gamma = \frac{(\bar{v}_x)_e}{C_n} \sqrt{\frac{n}{n-1}}, \quad (45)$$

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

Если $N \gg 20$ и $n > 30$, то

$$\Delta_{v_x} = \frac{\sqrt{2} \cdot (v_x)_e}{\sqrt{n}}. \quad (46)$$

Если $(v_x)_e > 20\%$, то

$$\Delta_{v_x} = \frac{\sqrt{2} \cdot (v_x)_e}{\sqrt{n}} \sqrt{1 + 2 \left(\frac{(v_x)_e}{100} \right)^2}. \quad (47)$$

Таблица 13

Значения коэффициента C_n при различном числе испытаний

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

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

$$\Delta_x^- = \frac{\delta \cdot \bar{x}}{100}. \quad (48)$$

Далее подставляют Δ_x^- в формулу для вычисления (38) или (39) и решают задачу относительно числа испытаний n . При этом t принимают равным двум. По аналогичной схеме решают задачи на вычисление необходимого числа испытаний при нормировании $(\sigma_x)_e$ и $(v_x)_e$.

Для установления норм по результатам испытаний необходимо использовать нижнюю и верхнюю односторонние или двухсторонние границы вероятного нахождения внутри них генеральных характеристик. Если генеральная дисперсия $(\sigma_x^2)_\Gamma$ заранее не известна, то по выборке объемом n подсчитывают значения \bar{x} и $(\sigma_x)_e$. Далее определяют нижнюю одностороннюю границу m_{n1} генерального среднего \bar{X} для всей партии товара, верхнюю одностороннюю границу m_{e1} и соответственно двухсторонние границы m_{n2} и m_{e2} по формулам:

$$m_{n1} = \bar{x} - [t_1 \cdot (\sigma_x)_e] / \sqrt{n-1} = \bar{x} - (\Delta_x^-)_1, \quad (49)$$

$$m_{e1} = \bar{x} + [t_1 \cdot (\sigma_x)_e] / \sqrt{n-1} = \bar{x} + (\Delta_x^-)_1, \quad (50)$$

$$m_{n2} = \bar{x} - [t_2 \cdot (\sigma_x)_g] / \sqrt{n-1} = \bar{x} - (\Delta_x^-)_2, \quad (51)$$

$$m_{e2} = \bar{x} + [t_2 \cdot (\sigma_x)_g] / \sqrt{n-1} = \bar{x} + (\Delta_x^-)_2, \quad (52)$$

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

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

2. МЕТОДИКА ВЫПОЛНЕНИЯ И ОФОРМЛЕНИЯ РАБОТЫ

2.1. Выбрать объект исследования, измеряемый количественный показатель и требуемую точность его определения.

2.2. Осуществить предварительную серию испытаний в десяти повторностях, вычислить сводные характеристики по формулам (26), (32), (34) и определить требуемое количество выборочных данных по формуле (37) для проведения нормирования. Результаты занести в табл. 14.

2.3. Провести серию многократных испытаний или измерений ($n \geq 30$) данного показателя и вычислить сводные выборочные характеристики по формулам (26), (30) и (32). Результаты занести в табл. 14.

Таблица 14

Результаты испытаний по предварительной и основной сериям

Результаты по предварительной серии		Результаты испытаний основной серии					
№ п/п	Значение	№ п/п	Значение	№ п/п	Значение	№ п/п	Значение
1		1		11		21	
2		2		12		22	
3		3		13		23	
4		4		14		24	
5		5		15		25	
6		6		16		26	
7		7		17		27	
8		8		18		28	
9		9		19		29	
10		10		20		30	
Сумма							
\bar{x}							
$(\sigma_x)_g$							
$(v_x)_g$							

2.4. Вычислить гарантийную ошибку выборки по нормируемому показателю, используя формулы (38) ... (47).

2.5. Определить тип ограничения нормируемого показателя – односторонний (максимум или минимум) или двухсторонний интервал.

2.6. Вычислить одностороннюю или двухсторонние границы по формулам (49) ... (52).

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПОДГОТОВКИ

1. Для каких целей необходимо установление нормативных значений?
2. Какие методы могут применяться при установлении норм?
3. Перечислите основные этапы установления нормативных значений.
4. От чего зависит минимальное количество выборочных данных для проведения нормирования?
5. Какие значения можно принять в качестве нормативных при вероятностном методе?

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 8

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОТНОСИТЕЛЬНЫХ (ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫХ) ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА ПРОДУКЦИИ В БЕЗРАЗМЕРНОЙ ФОРМЕ

Цель работы: ознакомиться со способами представления единичных показателей качества продукции в безразмерной форме.

1. ОСНОВНЫЕ СВЕДЕНИЯ

Для определения комплексного показателя качества продукции единичные показатели, коэффициенты весомости которых определены по любому методу из рассмотренных в работах № 2 ... 5, переводят в относительные безразмерные показатели. Преимущество относительных (безразмерных) показателей состоит в том, что они отражают основной механизм процесса оценивания. Этот механизм реализуется в дифференциальном методе оценивания и заключается в сравнении величины показателя, характеризующей свойство исследуемого объекта, с величиной, характеризующей это же свойство, но у объекта, принимаемого в качестве эталона (базы). Таким образом, относительные показатели характеризуют степень приближения оцениваемого свойства объекта к нормативному (базовому) значению. В качестве базовых значений, как правило, используются значения показателей, установленные в стандартах или по результатам обработки согласно методике, изложенной в работе № 7.

Существует несколько способов перехода от абсолютных показателей к относительным. Каждый из них находит применение в зависимости от характера количественного показателя и установленного варианта нормирования. Рассмотрим три наиболее вероятных варианта нормирования и соответствующие им способы построения относительных показателей.

В первом случае для абсолютной количественной характеристики проводится нормирование только по двум градациям: на сортную и несортную (брак). Решение о переводе в ту или иную категорию принимается на основе сравнения выборочного среднего значения с некоторым нормативом. Этот норматив задается либо минимально допустимым значением (a) для позитивного показателя, либо максимально допустимым значением (b) для негативного показателя. Условие соответствия продукции может быть задано в виде

$$\left. \begin{array}{l} \bar{x} \geq a \text{ или } \bar{x} \leq b, \\ \bar{x} \geq a \text{ и } \bar{x} \leq b. \end{array} \right\} \quad (53)$$

В этом случае относительный показатель имеет бинарную конфигурацию, то есть обращается в единицу при выполнении условия (53) и обращается в ноль при его несоблюдении:

$$\left. \begin{array}{l} q = 1 \text{ при } \bar{x} \geq a \text{ и } \bar{x} \leq b, \\ q = 0 \text{ при } \bar{x} \leq a \text{ или } \bar{x} \geq b. \end{array} \right\} \quad (54)$$

Таким образом, происходит выбор значения относительного показателя из двух возможных вариантов.

Во втором случае для абсолютной количественной характеристики проводится нормирование по большому количеству градаций, вплоть до увеличения их количества до бесконечности, что равносильно непрерывной оценке. Примерами такой системы оценивания могут служить многие текстильные волокна (количество типов хлопкового волокна, согласно НД, составляет девять), пряжа, нити, тканые полотна, продукты питания и т.д. Тогда вычисление относительных показателей подчиняется классической схеме, представленной в виде выражения с учетом классификации показателей на позитивные и негативные:

$$q = \left(\frac{\bar{x}}{\|x\|} \right)^{\text{sgn } \Delta x}, \quad (55)$$

где $\text{sgn } \Delta x$ – сигнум-функция от ΔX , то есть

$$\text{sgn } \Delta x = \begin{cases} +1, \text{ если } \Delta x = x_{\text{луч}} - x_{\text{худ}} > 0 - \text{позитивный ЕПК,} \\ -1, \text{ если } \Delta x = x_{\text{луч}} - x_{\text{худ}} < 0 - \text{негативный ЕПК,} \end{cases}$$

$\|x\|$ - номинальное (базовое) значение единичного показателя качества.

При наличии нормативных документов, устанавливающих требования к продукции по нескольким уровням качества, базовым значением единичного показателя качества должно быть выбрано значение, соответствующее наилучшему уровню качества (первому, высшему и т.п.). Если нормативных значений не существует, то в качестве базового показателя могут быть выбраны следующие варианты:

$$\|x\| = \{x_{\bar{\sigma}}, m_{\sigma}, m_{\eta}, X_{\max}, X_{\min}\}, \quad (56)$$

где $x_{\bar{\sigma}}$ – значение показателя, характерное для наилучшего уровня, достигнутого предприятиями-конкурентами или партнерами;

m_{σ} - значение показателя, соответствующее верхней доверительной границе математического ожидания или среднеквадратического отклонения;

m_{η} - значение показателя, соответствующее нижней доверительной границе математического ожидания или среднеквадратического отклонения;

X_{\max} - максимальное выборочное значение единичного показателя;

X_{\min} - минимальное выборочное значение единичного показателя.

Относительный показатель, определяемый по выражению (55), меняется в пределах от нуля до единицы, причем его изменение носит непрерывный характер. Чем ближе полученное значение к единице, тем более высокий уровень качества имеет исследуемый показатель качества. Выражение (55) можно применять в большинстве ситуаций оценивания.

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

$$q = 1 - \frac{\|x\| - \bar{x}}{\|x\| - x_{np1}} = 1 - \frac{0,3 - 0,299}{0,3 - 0,297} = 0,666, \quad (57)$$

где $\|x\|$ - номинальное значение диаметра;

\bar{x} - фактическое значение диаметра;

x_{np1} - предельное значение диаметра снизу (определяется вычитанием предельного отклонения из номинального значения).

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

$$q = 1 - \frac{\bar{x} - \|x\|}{x_{np2} - \|x\|}, \quad (58)$$

где x_{np2} - предельное значение диаметра сверху (определяется прибавлением предельного отклонения к номинальному значению).

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

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

При расчете комплексного показателя качества, как уже отмечалось в работе № 4, используют различные способы усреднения:

- арифметический

$$Q = \sum_{i=1}^n q_i \alpha_i, \quad (59)$$

- геометрический

$$Q = \prod_{i=1}^n q_i^{\alpha_i}, \quad (60)$$

- гармонический

$$Q = 1 / \sum_{i=1}^n (\alpha_i / q_i). \quad (61)$$

2. МЕТОДИКА ВЫПОЛНЕНИЯ И ОФОРМЛЕНИЯ РАБОТЫ

2.1. Получить у преподавателя задание для определения комплексного показателя качества выбранного объекта оценивания, содержащее перечень единичных показателей, их фактические и нормативные значения (пример задания для оценивания качества шелковой платевой ткани приведен в табл. 15).

Пример задания для определения значений ЕПК в относительных единицах

Наименование показателей	Значения показателей	
	фактические	нормативные
Поверхностная плотность, г/м ²	63	не менее 63
Число нитей на 10 см:	по утку	410
	по основе	227
Разрывная нагрузка, Н:	по утку	332
	по основе	351
Ширина, см	99	100 ₂

2.2. Определить значения дифференциальных показателей, используя выражения (53) ... (58).

2.3. Вычислить значения коэффициентов весомости единичных показателей по методу номинальных и предельно допустимых значений (см. работу № 4).

2.4. Вычислить значения комплексного показателя различными способами по формулам (59) ... (61).

2.5. Сделать вывод об уровне качества оцениваемого объекта по наименьшему значению КПК по следующей шкале (табл. 16):

Таблица 16

Характеристика уровня качества продукции (услуг) в зависимости от значения КПК

Значение комплексного показателя	Характеристика уровня качества
0,00 ... 0,40	«неудовлетворительно»
0,41 ... 0,60	«удовлетворительно»
0,61 ... 0,80	«хорошо»
0,81 ... 1,00	«отлично»

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПОДГОТОВКИ

1. Какие варианты нормирования могут быть установлены для единичных показателей качества?

2. Какие варианты базовых значений применяются для вычисления дифференциальных показателей в безразмерной форме?

3. Что такое относительный показатель качества и как он определяется при наличии нескольких уровней градации качества?

3. Каким образом вычислить безразмерный относительный показатель при наличии ограничений (допусков) на предельные значения ЕПК?

4. Какие существуют способы вычисления КПК, в чем их достоинства и недостатки?

**КОМПЛЕКСНАЯ ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ПРОДУКЦИИ (УСЛУГ)
С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ФУНКЦИИ ЖЕЛАТЕЛЬНОСТИ**

Цель работы: изучить методику оценивания качества продукции (услуги) на основе определения комплекса показателей желательности.

1. ОСНОВНЫЕ СВЕДЕНИЯ

Показатели желательности - безразмерные недискретные характеристики качества, изменяющиеся в пределах от нуля до единицы при любом диапазоне изменения размерных показателей качества x_i . Вычисляют показатели желательности q с помощью вспомогательных показателей y по следующим формулам:

$$q = \exp[-1/y] = \frac{1}{e^{1/y}} - \text{для } 0 < y < \infty, \quad (62)$$

$$q = \exp[-(1/\exp(y))] = \frac{1}{e^{1/e^y}} - \text{для } -\infty < y < \infty. \quad (63)$$

Размерные значения x_i натуральных показателей качества пересчитывают в безразмерные вспомогательные показатели y по формуле

$$y = a_0 + a_1x_i \quad (64)$$

или

$$y = a_0 + a_1x_i + a_2x_i^2. \quad (65)$$

Чтобы найти коэффициенты a_0 , a_1 , необходимо иметь нормативные значения показателей желательности q , значения безразмерных показателей y , а также значения размерных показателей x_i для двух уровней градаций качества. Для определения коэффициентов a_0 , a_1 и a_2 необходимо иметь нормативные данные для трех уровней градаций качества.

Значения функции y и, следовательно, коэффициенты a_0 , a_1 и a_2 определяются в зависимости от того, какие значения q заданы для основных уровней качества (см. вариант 1 и вариант 2 табл. 17).

Таблица 17

Значения показателей желательности q и соответствующих безразмерных вспомогательных показателей y

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

Приведем соответствующий пример. Для нетканого полотна нормирована величина разрывной нагрузки. Для первого сорта она составляет не менее 10 даН, для второго – не менее 6 даН. Примем для вычисления коэффициентов a_0 , a_1 и a_2

нормативные данные 2-го варианта (табл. 17); предположим, что первый сорт соответствует уровню «отлично», а второй сорт – уровню «удовлетворительно». Подставляя имеющиеся данные в уравнение (64), получим систему уравнений вида

$$\begin{cases} 4,50 = a_0 + 10 \cdot a_1, \\ 0,62 = a_0 + 6 \cdot a_1. \end{cases}$$

Решая эту систему, получим $a_0 = -5,2$, $a_1 = 0,97$. Таким образом, подставив фактические данные (разрывная нагрузка равна 8 даН) в уравнения (64) и (62), получим, что показатель желательности $q = 0,67$, а это соответствует уровню качества «хорошо». Аналогично находят значения q для остальных выбранных единичных показателей.

После перевода натуральных значений ЕПК в безразмерные находят значение комплексного показателя качества в виде обобщенной функции желательности, рассчитываемой по одному из способов усреднения (см. формулы (59)...(61)).

По данным табл. 17 (1 вариант) намечают зоны установленных (в данном случае четырех) качественных градаций, а в соответствии с данными табл. 18 строят непрерывный график функции желательности (рис. 3).

Таблица 18

Значения функции желательности в основных и промежуточных точках

Числовые значения					
y	q согласно (62)	q согласно (63)	y	q согласно (62)	q согласно (63)
-2,00	не определяется	0,00	1,50	0,51	0,80
-1,50	не определяется	0,01	2,00	0,61	0,87
-1,00	не определяется	0,07	2,50	0,67	0,92
-0,50	не определяется	0,19	3,00	0,72	0,95
0,00	0,00	0,37	3,50	0,75	0,97
0,50	0,14	0,54	4,00	0,78	0,98
0,77	0,28	0,63	4,50	0,80	0,99
1,00	0,37	0,69	5,00	0,82	0,99

Для построения функции y используются базовые точки функции желательности (табл.17) и граничные значения натурального показателя, определяемые стандартом или другим нормативно-техническим документом.

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

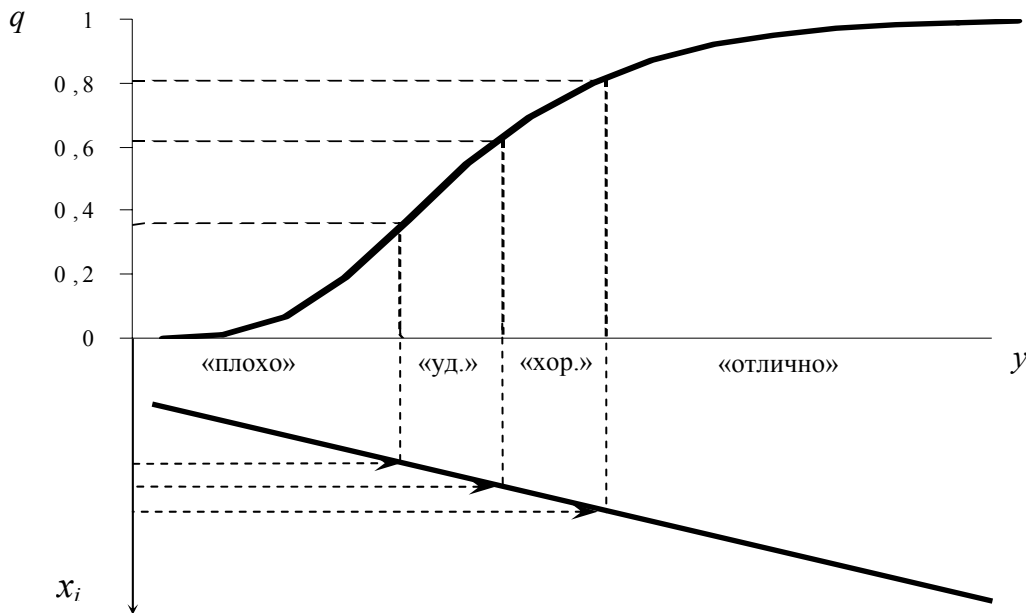


Рис. 3. Номограмма для определения показателей желательности (ф-ла (63))

2. МЕТОДИКА ВЫПОЛНЕНИЯ И ОФОРМЛЕНИЯ РАБОТЫ

2.1. Выбрать однородные объекты оценивания и номенклатуру единичных показателей качества.

2.2. Построить график функции желательности по данным табл. 17 (можно принять любой вариант) или по шкале, предложенной преподавателем.

2.3. Используя нормативные значения, установленные в стандартах технических условий, определить коэффициенты уравнений для расчета вспомогательных показателей u_i .

2.4. Определить значения показателей желательности q_i по фактическим данным, предложенным преподавателем.

2.5. По полученным результатам рассчитать комплексные показатели качества с различными способами усреднения. Значения коэффициентов весомости ЕПК при отсутствии иных сведений можно принять одинаковыми. Результаты представить в виде табл. 19.

Таблица 19

Результаты оценивания качества выбранных объектов

Номер объекта	Значения показателей желательности					Значения КПК		
	q_1	...	q_i	...	q_n	ср. арифм.	ср. геом.	ср. гарм.
1								
2								
3								

2.6. Провести сравнительный анализ уровня качества оцениваемых объектов.

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПОДГОТОВКИ

1. Что представляет собой показатель желательности?
2. Каким образом вычисляется вспомогательный показатель u ?

ПОСТРОЕНИЕ НОМОГРАММ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ КОМПЛЕКСНОГО ПОКАЗАТЕЛЯ КАЧЕСТВА ПРОДУКЦИИ

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

1. ОСНОВНЫЕ СВЕДЕНИЯ

Для удобства и быстроты определения КПК (Q) по выражениям (59) ... (61) часто применяют номограммы, которые следует строить на миллиметровой бумаге.

Номограмму для определения КПК по формуле (59) строят следующим образом (рис. 4). На прямоугольнике размером 200×160 мм наносят шкалы Q и q_i . Масштаб обеих шкал постоянный - 1% шкалы соответствует 2 мм. Линии α_i представляют собой линейные функции

$$l_i = m\alpha_i q_i, \quad (66)$$

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

Чтобы построить линию, например для $\alpha_i = 0,50$, необходимо рассчитать абсциссы ее точек для $q_i = 20\%$ и $q_i = 100\%$. Используя выражение (66), получаем $l_{i20} = 2 \times 0,5 \times 20 = 20$ мм, $l_{i100} = 2 \times 0,5 \times 100 = 100$ мм. Далее откладывают полученные значения соответственно на нижней и верхней горизонтальной линии номограммы и соединяют их прямой линией. Аналогично строят все линии для значений $\alpha_i = 0,05 \dots 1,00$ с интервалом $0,05$.

Оптимальный размер номограммы, построенной для выражения (60), составляет 230×161 мм (рис. 5). Обе шкалы номограммы логарифмические, причем единица $\ln Q = 50$ мм, а единица $\ln q_i = 100$ мм. При построении шкал на них откладывают натуральные логарифмы величин, а надписывают антилогарифмы (в процентах). Для построения делений шкалы q_i используют формулу

$$l_{q_i} = 100(\ln q_i - \ln 20) = 100 \ln q_i - 299,6, \quad (67)$$

а для делений шкалы Q - выражение

$$l_{Q_i} = 50 \ln Q. \quad (68)$$

Линии α_i выражаются линейной функцией

$$l_i = 50 \alpha_i \ln q_i, \quad (69)$$

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

Размер номограммы для определения комплексного показателя качества по формуле (61) следует принять 250×160 мм (рис. 6). Масштаб шкалы Q переменный. Деления шкалы наносят с использованием формулы

$$l_Q = 50 / (0,01Q) = 5000 / Q. \quad (70)$$

Масштаб шкалы q_i постоянный - 1% шкалы соответствует 2 мм. Линии α_i представляют собой гиперболы. Для их построения вычисляют значения l_{q_i} для данного α_i и q_i в диапазоне $20 \dots 100$ % с интервалом 10 % по формуле

$$l_{q_i} = 50 \alpha_i / (0,01 q_i) = 5000 \alpha_i / q_i. \quad (71)$$

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

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

Приведем пример. Имеются следующие исходные данные:

α_i	0,10	0,20	0,25	0,17	0,28
$q_i, \%$	55,0	90,0	64,0	85,0	57,0

При расчете по формуле (59) получаем $Q = 69,9\%$, по формуле (60) – $Q = 68,6\%$, по формуле (61) – $Q = 67,3\%$.

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

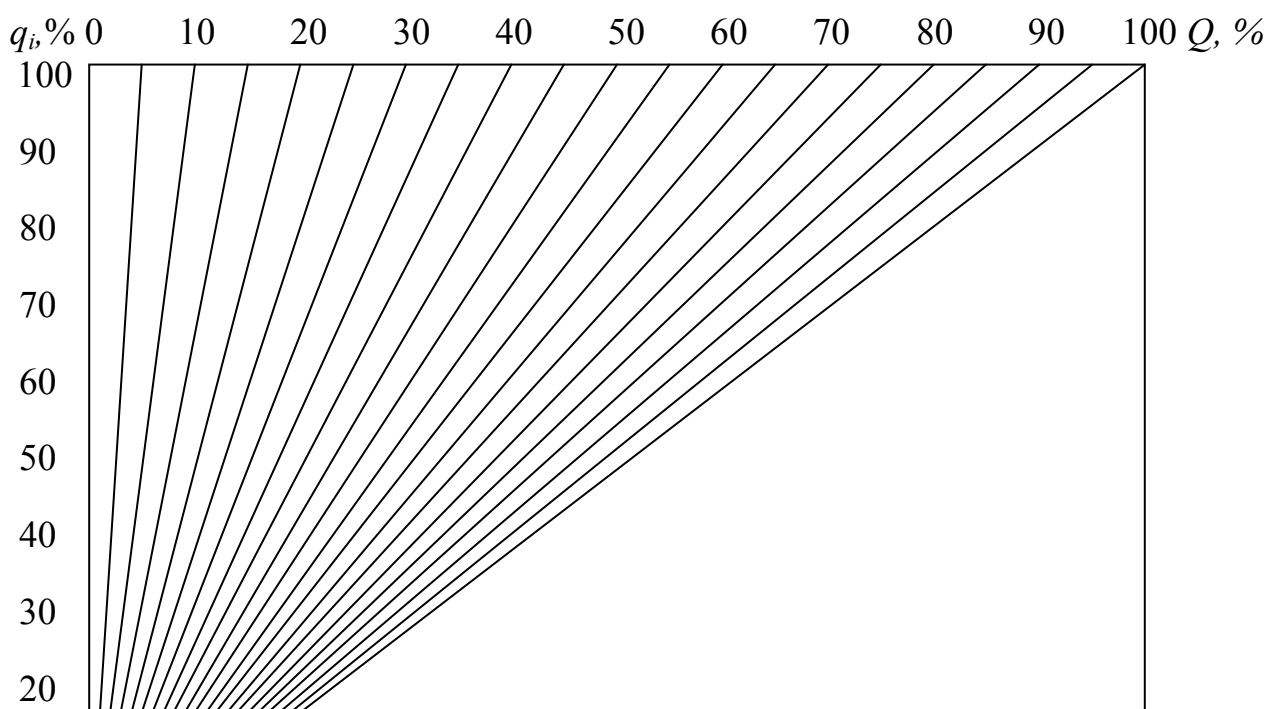


Рис. 4. Номограмма для определения комплексного показателя качества с помощью арифметического способа усреднения

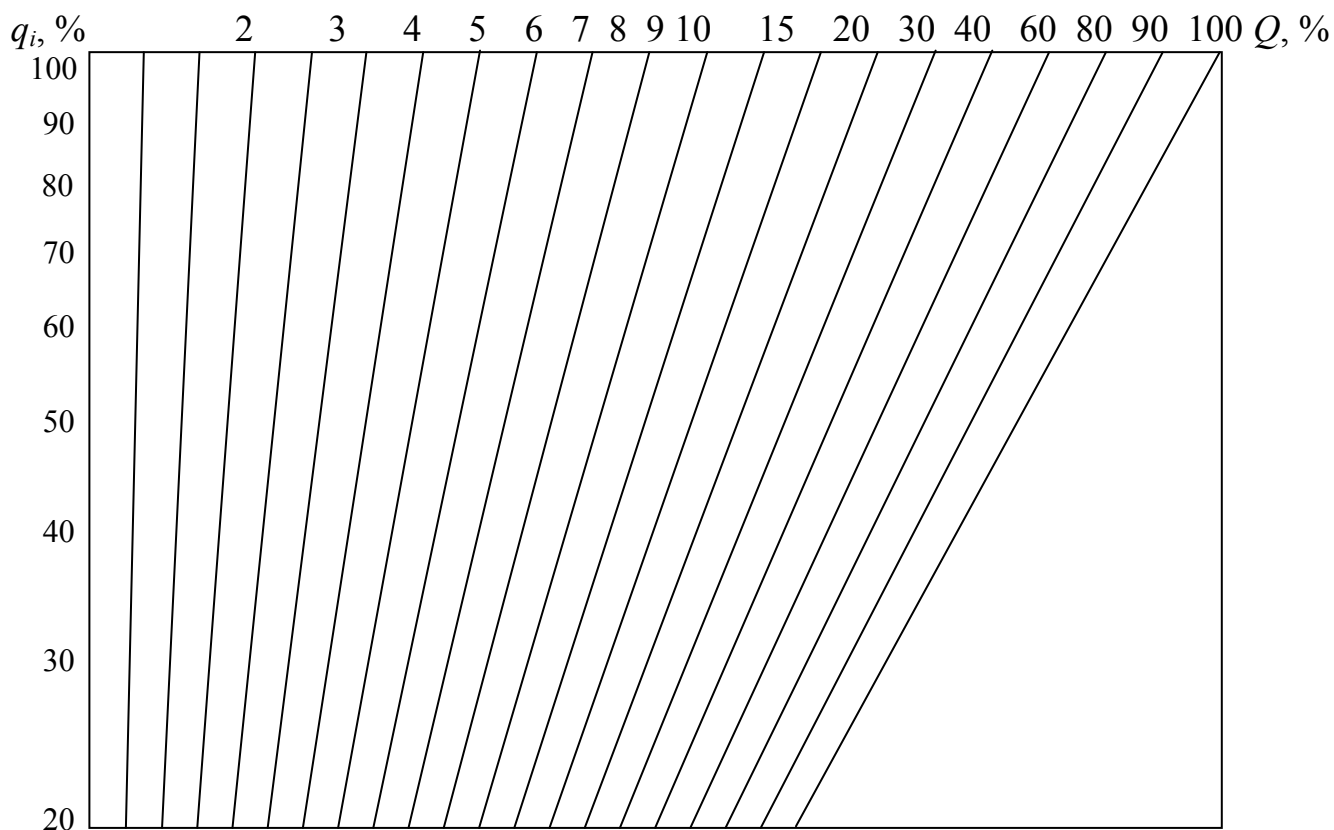


Рис. 5. Номограмма для определения комплексного показателя качества с использованием среднегеометрического способа усреднения

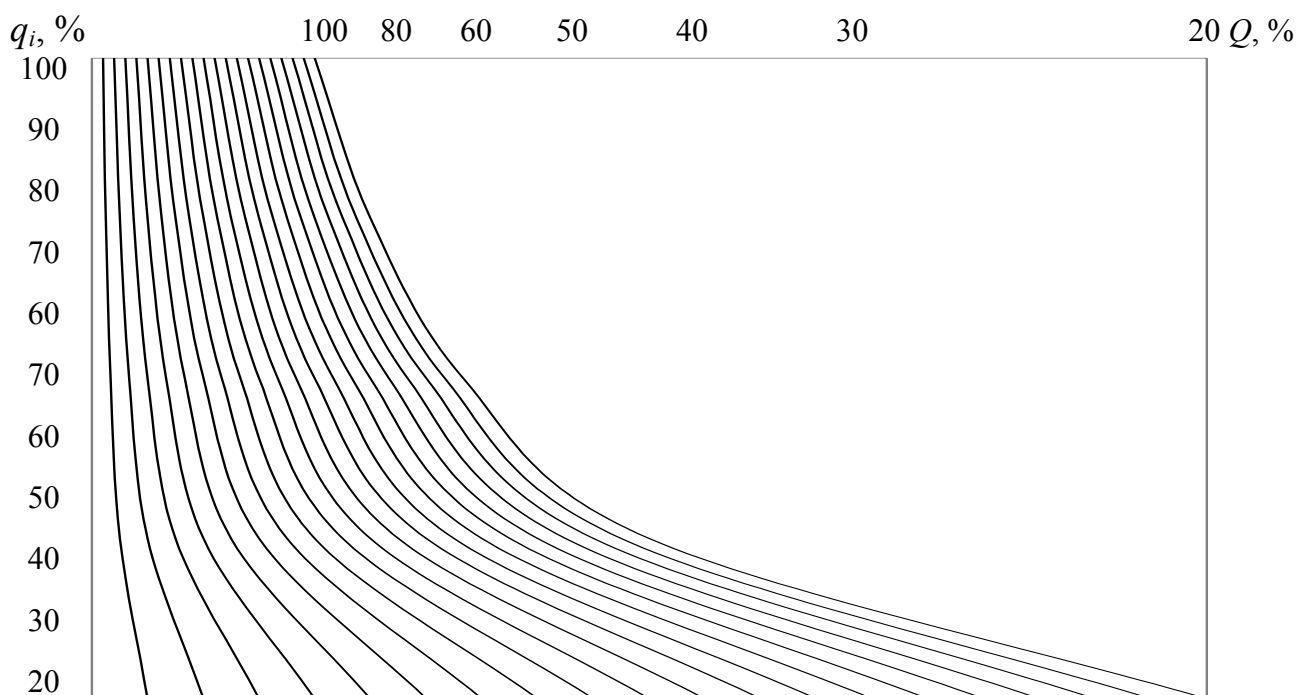


Рис. 6. Номограмма для определения комплексного показателя качества на основе гармонического способа усреднения

2. МЕТОДИКА ВЫПОЛНЕНИЯ И ОФОРМЛЕНИЯ РАБОТЫ

2.1. Построить на миллиметровой бумаге номограммы для определения комплексного показателя качества с использованием различных способов усреднения (рис. 4 ... 6).

2.2. Взять из предыдущей работы результаты определения комплексного показателя различными способами усреднения.

2.3. Определить значение комплексного показателя качества продукции на основании построенных номограмм.

2.4. Сравнить полученные результаты между собой и сделать вывод о точности построенной номограммы.

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПОДГОТОВКИ

1. Назовите основные этапы построения номограмм для нахождения комплексных показателей качества продукции.

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

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Азгальдов Г.Г. Теория и практика оценки качества товаров (основы квалиметрии). – М.: Экономика, 1982. – 256 с.

2. Всеобщее управление качеством: Учебник / Под ред. О.П. Глудкина.– М.: Радио и связь, 1999. – 599 с.

3. Субетто А.И. Квалиметрия. – СПб.: Изд-во «Астерион», 2002. – 288 с.

4. Методы квалиметрии в машиностроении: Учеб. пособие / Под ред. В.Я. Кершенбаума, Р.М. Хвастунова. – М.: Технонефтегаз, 1999. - 210 с.

5. Решение задач квалиметрии машиностроения: Учеб. пособие/ Под ред. В.Я. Кершенбаума, Р.М. Хвастунова. – М.: Технонефтегаз, 2001. - 157 с.

6. Статистические методы в повышении качества: Пер. с англ./ Под ред. Х. Кумэ. – М.: Финансы и статистика, 1990. – 304 с.

7. Севостьянов А.Г. Методы и средства исследования механико-технологических процессов текстильной промышленности. - М.: Легкая индустрия, 1980. - 392 с.

8. Соловьев А.Н., Кирюхин С.М. Оценка и прогнозирование качества текстильных материалов. - М.: Легкая и пищевая промышленность, 1984. - 215 с.

9. Соловьев А.Н. Измерения и оценка свойств текстильных материалов. – М.: Легкая индустрия, 1966. – 210 с.

10. Виноградов Ю.С. Математическая статистика и ее применение в текстильной и легкой промышленности.- М.: Легкая индустрия, 1970.

ИЗМЕРЕНИЕ КАЧЕСТВА (КВАЛИМЕТРИЯ) ТЕКСТИЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ И ТОВАРОВ

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

к лабораторным работам по курсам

«Квалиметрия и управление качеством», «Квалиметрия» и «Квалиметрия и средства
контроля качества»

для студентов специальностей 200503 Стандартизация и сертификация,
080401 Товароведение и экспертиза товаров, 080301 Коммерция (торговое дело)
и 220501 Управление качеством

Составители: Светлана Вячеславовна Лунькова
Алексей Юрьевич Матрохин

Научный редактор Б.Н. Гусев

Редактор Т.В. Федорова
Корректор Н.Г. Кузнецова

Лицензия ИД № 06309 от 19. 11. 2001. Подписано в печать 14.09.2004.
Формат 1/16 60×84. Бумага писчая. Плоская печать. Усл. печ. л. 2,55.
Уч.-изд. л. 2,44. Тираж 150 экз. Заказ №

Редакционно-издательский отдел
Ивановской государственной текстильной академии
Участок оперативной полиграфии
153000, г. Иваново, пр. Ф. Энгельса, 21