

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

Учреждение образования

«Витебский государственный технологический университет»

КВАЛИМЕТРИЯ

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

**к выполнению лабораторных работ для студентов специальности
1–54 01 01–04 «Метрология, стандартизация и сертификация
(легкая промышленность)»**

Витебск

2010

УДК 658.56

КВАЛИМЕТРИЯ: методические указания к выполнению лабораторных работ для студентов специальности 1–54 01 01–04 «Метрология, стандартизация и сертификация (легкая промышленность)».

Витебск: Министерство образования Республики Беларусь, УО «ВГТУ», 2010.

Составители: к.т.н., ст. преподаватель Петюль Ирина Анатольевна
ст. преподаватель Матвеев Константин Сергеевич

В методических указаниях к выполнению лабораторных работ рассматриваются вопросы, связанные с выбором единичных показателей качества и построением дерева свойств объектов, изложены различные методы определения весомости единичных показателей, а также широко применяемые методы определения их численных значений, содержатся методы определения комплексных показателей и методы оценки уровня качества продукции. Методические указания предназначены для студентов специальности 1–54 01 01–04 «Метрология, стандартизация и сертификация (легкая промышленность)» очной и заочной форм обучения.

Одобрено кафедрой «Стандартизация»
05 февраля 2010 г., протокол № 7

Рецензент: начальник ИЦ УО «ВГТУ», доцент Шеверина Л.Н.
Редактор: доцент кафедры «Стандартизация» Егорова Е.А.

Рекомендовано к опубликованию редакционно-издательским советом УО «ВГТУ» «___» _____ 2010 г., протокол № ____

Ответственный за выпуск: Лапырева О.К.

Учреждение образования «Витебский государственный технологический университет»

Подписано к печати _____ Формат _____ Уч.- изд. лист. _____
Печать ризографическая. Тираж _____ экз. Заказ № _____ Цена _____

Отпечатано на ризографе учреждения образования «Витебский государственный технологический университет».
Лицензия № 02330/0494384 от 16 марта 2009 г.
210035, Витебск, Московский пр–т, 72

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	4
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 1. Изучение показателей качества продукции.....	5
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 2. Основные показатели надежности изделий	12
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 3. Применение экспертного метода для определения коэффициентов весомости единичных показателей качества	20
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 4. Определение коэффициентов весомости единичных показателей по результатам общей оценки качества продукции	25
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 5. Определение коэффициентов весомости единичных показателей качества продукции по номинальным и предельно-допустимым значениям	28
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 6. Определение коэффициентов весомости единичных показателей качества продукции методом корреляционно-регрессионного анализа.....	30
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 7. Определение уровня качества продукции с использованием дифференциального метода оценки	36
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 8. Определение уровня качества продукции комплексным методом с использованием средневзвешенного показателя	39
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 9. Определение уровня качества продукции с использованием экспертного метода оценки.....	41
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 10. Определение комплексных оценок качества по рангам и баллам.....	47
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 11. Комплексная оценка качества с использованием функции желательности.....	49
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 12. Методы определения единичных показателей качества продукции	52
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 13. Применение статистических методов для анализа, контроля и управления качеством.....	56
ПРИЛОЖЕНИЕ А.....	65
ПРИЛОЖЕНИЕ Б.....	66
РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА.....	68

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время проблема повышения конкурентоспособности (качества и экономичности) выпускаемых товаров и предоставляемых услуг актуальна для всех предприятий и организаций. Долгие годы легкая промышленность 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 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. Первым шагом к улучшению качества производимой продукции и услуг является получение навыков **количественного оценивания фактического 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.

Лабораторные работы позволяют студентам получить практические навыки оценки уровня качества продукции с целью использования этих знаний для принятия обоснованных решений в соответствии с целями и задачами оценки.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 1

ИЗУЧЕНИЕ 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.

1 ОСНОВНЫЕ СВЕДЕНИЯ

1.1 Классификация свойств промышленной продукции

В номенклатуру показателей качества промышленной продукции, регламентированной нормативными документами, входят 10 групп показателей качества, характеризующих соответствующие свойства: показатели назначения (функциональности); показатели надежности; показатели технологичности; показатели унификации; патентно–правовые показатели; эргономические показатели; эстетические показатели; показатели транспортабельности; показатели безопасности; экологические показатели.

В свою очередь группы показателей качества могут быть подразделены на подгруппы, а подгруппы на единичные показатели качества.

Свойства назначения характеризуют способность продукции выполнять функции, для которых она предназначена.

Показатели назначения подразделяются на 4 подгруппы: классификационные; функциональной и технической эффективности; конструктивные; показатели состава и структуры.

Классификационные показатели характеризуют принадлежность данной продукции к определенной классификационной группе продукции. Например, классификационными показателями качества могут быть: число посадочных мест и мощность двигателя – для автобусов; пределы измерения, разрешающая способность – для измерительных приборов; чистота от вредных примесей – для сталей; поверхностная плотность – для тканей и т.д.

Показатели функциональной и технической эффективности характеризуют полезный эффект от использования и прогрессивность технических решений, закладываемых в продукцию. К ним относят такие показатели, как удельная мощность, производительность станка, грузоподъемность крана, прочность ткани, калорийность пищевых продуктов, точность выполнения операции и т.д.

Конструктивные показатели характеризуют основные проектно–конструкторские решения изготовления и установки продукции, возможность ее агрегатирования и взаимозаменяемости. К конструктивным показателям относятся: габаритные и монтажные размеры; коэффициент сборности (блочности) изделия; уровень механизации или автоматизации работы изделия; наличие дополнительных устройств (таких, как наличие календаря в часах или домкрата для автомобилей) и т.п.

Показатели состава и структуры характеризуют содержание в продукции химических элементов и структурных групп. Показатели состава и структуры технических изделий входят в подгруппу конструктивных показателей, а для других изделий рассматриваются самостоятельно в силу их специфичности. Показателями состава и структуры являются: процентное содержание легирующих добавок в стали; процентное содержание серы, золы в коксе; процентное содержание сахара, соли в пищевых продуктах; концентрация примесей в кислотах и др.

Эргономические свойства продукции обеспечивают потребителю удобство и комфорт, способствуют снижению усталости и повышению производительности труда при использовании товаров. Они делятся на следующие группы: антропометрические; гигиенические; физиологические; психофизиологические; психологические.

Антропометрические показатели характеризуют соответствие продукции размерам, форме и распределению массы тела человека и отдельных его частей.

Гигиенические показатели характеризуют условия, которые при потреблении продукции влияют на организм человека и его работоспособность. К ним относятся освещенность, температура, влажность, напряженность магнитного и электрического полей, запыленность, излучения, шум, вибрация, перегрузка, загрязняемость и очищаемость.

Физиологические показатели обеспечивают соответствие продукции силовым, скоростным и энергетическим возможностям человека.

Психофизиологические показатели обеспечивают соответствие продукции органам чувств человека, т. е. порогам слуха, зрения, обоняния, осязания, вкуса.

Психологические показатели обеспечивают соответствие продукции возможностям человека по восприятию, переработке, передаче и хранению информации, а также соответствие продукции закрепленным и вновь формируемым навыкам человека.

Свойства надежности также подразделяются на 4 подгруппы: безотказности; долговечности; ремонтпригодности; сохраняемости.

Безотказность характеризует способность продукции непрерывно сохранять свое работоспособное состояние в течение некоторого времени или некоторой наработки.

Долговечность характеризует свойство продукции сохранять работоспособность до наступления предельного состояния при установленной системе технического обслуживания и ремонтов.

Сохраняемость характеризует свойство продукции сохранять исправное и работоспособное состояние в процессах хранения и транспортирования.

Ремонтпригодность характеризует приспособленность продукции к предупреждению и обнаружению причин повреждений и их устранению путем проведения ремонтов и технического обслуживания.

Эстетические свойства характеризуют способность продукции выражать ее общественную значимость в чувственно-воспринимаемых внешних

признаках (колористическом оформлении, объемно-пространственной структуре, декоре, отделке и пр.). Эти свойства делятся на следующие группы: информационная выразительность, рациональность формы, целостность композиции, совершенство производственного исполнения и стабильность товарного вида.

Информационная выразительность включает в себя знаковость, оригинальность, выраженность стиля и соответствие моде.

Рациональность формы объединяет функционально-конструктивную и эргономическую обусловленность.

Целостность композиции делится на организованность объемно-пространственной структуры, тектоничность, пластичность и упорядоченность графических и изобразительных элементов.

Совершенство производственного исполнения и стабильность товарного вида включают чистоту выполнения контуров и сопряжения, тщательность покрытий и отделки, четкость исполнения фирменных знаков и сопроводительной документации.

Свойства безопасности характеризуют особенности продукции, обуславливающие при ее потреблении безопасность человека и уровень вредных воздействий на окружающую среду. Различают безопасность продукции для человека и экологическую безопасность для окружающей среды. К *показателям безопасности* для человека относят: сопротивление изоляции токоведущих частей; электрическую прочность и т.д. К *экологическим показателям* относят содержание вредных примесей в составе продукции; вероятность выбросов вредных частиц, газов, излучений при производстве, хранении, транспортировании, эксплуатации и т.д.

Технологические свойства характеризуют свойства продукции, проявляющиеся при последующей переработке в процессе потребления. Эти свойства присущи для продукции, являющейся полуфабрикатом, например, клеев, тканей, пушно-меховых полуфабрикатов и т. п. *Показатели технологичности* характеризуют совокупность свойств конструкции изделия, которая определяет ее приспособленность к достижению оптимальных затрат при производстве, эксплуатации и ремонте для заданных показателей качества, объема выпуска и условий выполнения работ. Обобщенными показателями технологичности являются: трудоемкость, учитывающая затраты прямого труда; материалоемкость, учитывающая затраты прошлого труда; энергоемкость, учитывающая затраты электроэнергии; себестоимость, учитывающая затраты всех видов труда.

Свойства унификации характеризуют степень использования в продукции стандартизованных изделий и уровень унификации составных частей изделия. К *показателям унификации* относят коэффициенты: применяемости; повторяемости; взаимной унификации для групп изделий; унификации для группы изделий.

Свойства транспортабельности характеризуют приспособленность продукции к перемещениям, не сопровождающимся ее использованием и потреблением. К *показателям транспортабельности* относят: массу изделия, габаритные размеры; среднюю стоимость перевозки на 1 км. пути и т.д.

Патентно-правовые свойства характеризуют степень патентной защиты и патентной чистоты.

1.2 Основные методы построения «дерева свойств»

Свойства, характеризующие качество продукции, представляют собой совокупность, упорядоченную по определенным правилам в некоторую иерархическую структуру. Для каждого свойства нужно найти соответствующий показатель, поскольку для некоторых свойств таких показателей может быть два или более, и выбрать из них наиболее подходящий.

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

1. Горизонтального или вертикального дерева свойств (рисунок 1.1). Среди новых инструментов менеджмента качества этот метод носит название древовидной диаграммы.
2. В виде классификационной таблицы (рисунок 1.2), которая, однако, применима только для небольшого числа характеристик, так как наглядность падает по мере увеличения числа свойств.
3. Строгого графа (рисунок 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») (рисунок 1.4).

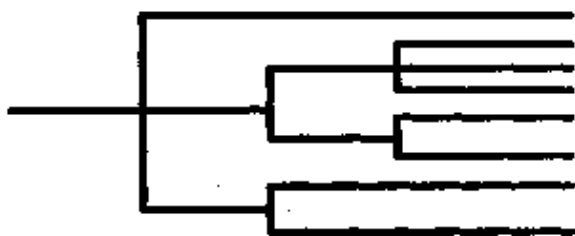


Рисунок 1.1 – Пример структуры типа «дерево»

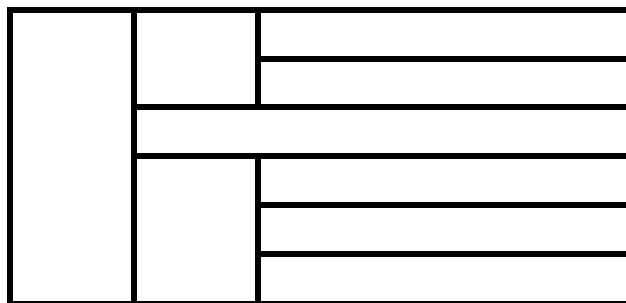


Рисунок 1.2 – Пример дерева в табличной форме

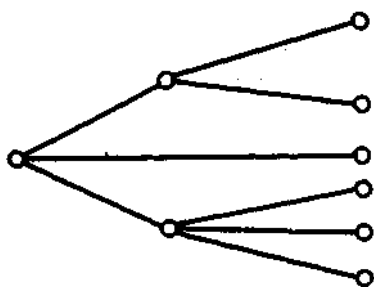


Рисунок 1.3 – Пример дерева в строгой графовой форме

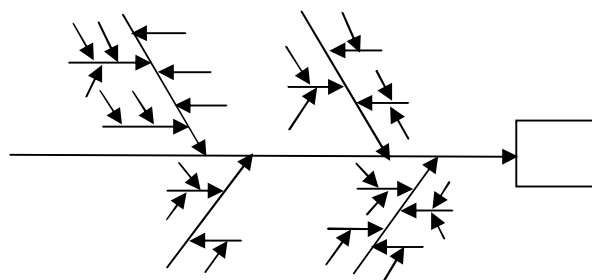


Рисунок 1.4 – Пример дерева в виде схемы Исикава

При построении деревьев свойств используется следующая терминология.

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

Уровни дерева от 0 до m – участки дерева, заключенные между соседними секущими плоскостями (рисунок 1.5)

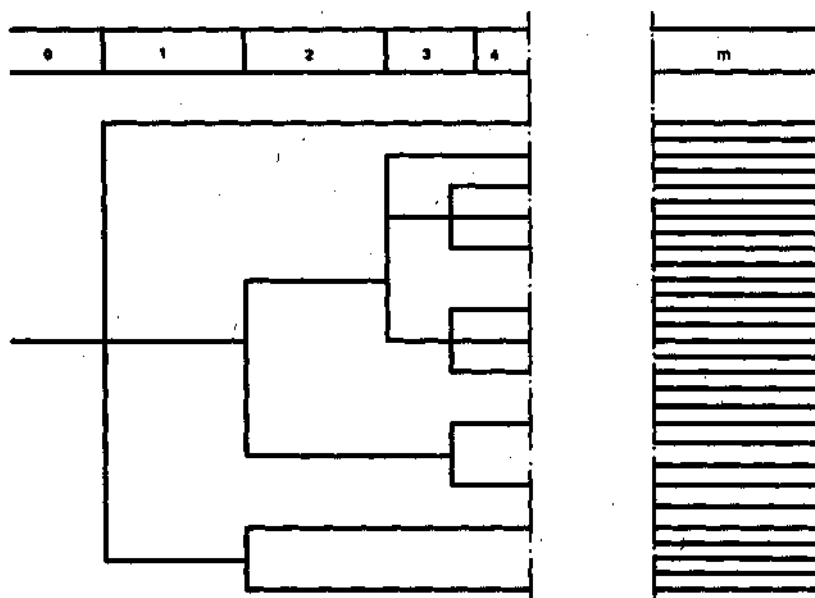


Рисунок 1.5 – Ярусы дерева свойств

Эквисатисные свойства (satis (лат.) – удовлетворять) — свойства, эквивалентные по своему влиянию на удовлетворение определенной потребности, в одинаковой степени удовлетворяющие эту потребность. Например, с точки зрения уменьшения затрат на определенный объект, свойство "экономичность объекта" эквисатисно (эквивалентно по степени удовлетворения потребности в экономии) совокупности из двух свойств: экономичности в производстве объекта и экономичности в эксплуатации объекта.

Группа свойств — это совокупность свойств, на которые непосредственно подразделяется эквисатисное им сложное свойство. Например, сложное свойство "эстетичность объекта" подразделяется на эквисатисную группу менее сложных свойств: внешняя привлекательность, т.е. эстетичность собственно объекта, и эстетическая сочетаемость с интерьером или окружающей средой.

Ширина группы — это количество свойств в группе свойств.

Независимость по предпочтению поясним на примере. Предположим, что два свойства А и Б входят в одну и ту же группу свойств, и характер этих свойств таков, что взятые сами по себе (т.е. для свойства А без учета свойства Б и для свойства Б без учета свойства А) большие значения показателя каждого свойства предпочтительнее меньших значений. Будем говорить, что свойство А находится в отношении независимости по предпочтению со свойством Б, если большие значения показателя А всегда предпочтительнее меньших значений независимо от того, какие значения может принять показатель свойства Б. На-

пример, такие два свойства, характеризующие помещение, как естественная освещенность и площадь, независимы по предпочтению. Действительно, какова бы ни была площадь помещения, всегда большая естественная освещенность будет предпочтительней меньшей.

Усеченное дерево – полное или неполное дерево, из которого, в соответствии с ситуацией оценки, оказалось возможным исключить одно или несколько свойств (простых или сложных) и (или) групп свойств.

Такие термины, как *полное дерево*, *неполное дерево*, *поддерево* (отдельный участок) не требуют пояснений ввиду их очевидности.

1.3 Выбор НПК с использованием стандартов системы показателей качества продукции

Качество продукции можно оценить количественно с помощью единичных, комплексных и интегральных показателей качества. В некоторых литературных источниках указывается и обосновывается, что наиболее правильным является использование термина «показатель интегрального качества».

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) продукции характеризует ее качество в целом с точки зрения ее общей эффективности и выражается отношением суммарного полезного эффекта от эксплуатации или потребления продукции к суммарным затратам на ее создание и эксплуатацию или потребление. Полезный эффект может выражаться в любых натуральных, условных или стоимостных единицах.

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.

Построение дерева свойств для конкретного вида продукции с использованием стандартов системы показателей качества осуществляется следующим образом. Для выбранного объекта исследования строят первый и второй ярусы. При этом отдельно выделяют 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.). Затем для каждого выделенного простого свойства определяют перечень ЕПК, определяющих данное свойство (рекомендуется выбрать не менее двух характеристик, но не более семи). Обоснованность и значимость (весомость) включенных в номенклатуру ЕПК может оцениваться различными методами, например, экспертным или измерительно-расчетным. Экспертный метод будет подробно изучен в последующих лабораторных работах. При измерительно-расчетном методе определяют численные значения ЕПК путем проведения лабораторных испытаний, измерений, расчетов и т.д. Затем проводят обработку полученных результатов и по формулам рассчитывают парные коэффициенты корреляции между отдельными ЕПК. Коэффициент корреляции характеризует тесноту взаимосвязи между двумя показателями. 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. После анализа коэффициентов корреляции устанавливают оптимальную НПК продукции.

2 ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ И ОФОРМЛЕНИЯ РАБОТЫ

1. Изучить классификацию свойств промышленной продукции.
2. Изучить основные методы и правила построения «дерева свойств», а также способы их изображения. Зарисовать схемы возможного графического изображения иерархической структуры «дерево свойств».
3. Ознакомиться со структурой стандартов системы показателей качества продукции.
4. Изучить номенклатуру показателей качества для конкретного объекта, указанного преподавателем. Составить перечень ЕПК для конкретного вида продукции.
5. Разработать конкретную номенклатуру показателей качества и представить ее графически в виде «дерева свойств».
6. Сделать выводы по работе.

3 ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПОДГОТОВКИ

1. Какие свойства могут быть включены в НПК промышленной продукции? Их краткие характеристики.

2. Что понимают под термином «дерево свойств» продукции?
3. Назовите формы возможного графического изображения иерархической структуры свойств, составляющих качество продукции.
4. Какие правила необходимо соблюдать при построении «дерева свойств»?
5. Дайте определение единичному, комплексному и интегральному показателям качества.
6. Назовите основные этапы построения «дерева свойств».

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 2

ОСНОВНЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ НАДЕЖНОСТИ ИЗДЕЛИЙ

Цель работы – изучить методики расчета основных показателей надежности изделий.

1 ОСНОВНЫЕ СВЕДЕНИЯ

1.1 Классификация показателей надежности

Надежность – свойство объекта сохранять во времени в установленных пределах значения всех параметров, характеризующих способности выполнять требуемые функции в заданных режимах и условиях применения, технического обслуживания, ремонтов, хранения и транспортирования. Надёжность является сложным свойством, которое в зависимости от назначения и условий его применения состоит из сочетаний свойств: безотказности, долговечности, ремонтнопригодности, сохранности.

Общее количество задаваемых на изделие показателей должно быть минимальным, но характеризовать все этапы его эксплуатации.

Для изделий, подлежащих перед началом или в процессе эксплуатации хранению (транспортированию), задают показатели сохраняемости. При этом должны быть определены и учтены условия и режимы хранения (транспортирования), применительно к которым задают указанные показатели.

Для восстанавливаемых изделий задают комплексный показатель надежности (ПН) или определяющий его набор единичных показателей безотказности и ремонтнопригодности. Не допускается одновременное задание комплексного и всех определяющих его единичных показателей.

Ниже приведена классификация изделий по основным признакам, которыми руководствуются при задании требований по надежности.

По определенности назначения изделия подразделяют на:

- изделия конкретного назначения (ИКН), имеющие один основной вариант применения по назначению;
- изделия общего назначения (ИОН), имеющие несколько вариантов применения.

По числу возможных состояний (по работоспособности) изделия подразделяют на:

- изделия вида I, которые в процессе эксплуатации могут находиться в двух состояниях – работоспособном или неработоспособном;
- изделия вида II, которые, кроме указанных двух состояний, могут находиться в некотором числе частично неработоспособных состояний, в которые они переходят в результате частичного отказа.

По режимам применения (функционирования) изделия подразделяют на:

- изделия непрерывного длительного применения;
- изделия многократного циклического применения;
- изделия однократного применения (с предшествующим периодом ожидания применения и хранения).

По последствиям отказов или достижения предельного состояния при применении, или последствиям отказов при хранении и транспортировании, изделия подразделяют на:

- изделия, отказы или переход в предельное состояние которых приводят к последствиям катастрофического характера (к угрозе для жизни и здоровья людей, значительным экономическим потерям и т.п.);
- изделия, отказы или переход в предельное состояние которых не приводят к последствиям катастрофического характера (без угрозы для жизни и здоровья людей, незначительным или «умеренным» экономическим потерям и т.п.).

По возможности восстановления работоспособного состояния после отказа в процессе эксплуатации изделия подразделяют на:

- восстанавливаемые;
- невосстанавливаемые.

По характеру основных процессов, определяющих переход в предельное состояние, изделия подразделяют на:

- стареющие;
- изнашиваемые;
- стареющие и изнашиваемые одновременно.

По возможности и способу восстановления технического ресурса (срока службы) путем проведения плановых ремонтов (средних, капитальных и др.) изделия подразделяют на:

- неремонтируемые;
- ремонтируемые обезличенным способом;
- ремонтируемые необезличенным способом.

По возможности технического обслуживания в процессе эксплуатации изделия подразделяют на:

- обслуживаемые;
- необслуживаемые.

По возможности (необходимости) проведения контроля перед применением изделия подразделяют на:

- контролируемые перед применением;

– не контролируемые перед применением.

1.2 Схема выбора номенклатуры показателей надежности

Обобщенная схема выбора номенклатуры ПН изделий с учетом признаков классификации, установленных в п. 1.1, приведена в таблице 2.1. Конкретизирующая эту схему методика приведена ниже.

Общий принцип выбора минимально необходимой и достаточной номенклатуры задаваемых ПН состоит в том, что в каждом конкретном случае изделие классифицируется последовательно по установленным признакам, характеризующим его назначение, особенности схемно-конструктивного построения и предполагаемые условия эксплуатации.

Таблица 2.1 – Обобщенная схема выбора номенклатуры задаваемых ПН

Характеристика изделия		Номенклатура задаваемых ПН
ИКН	Вид II	Восстанавливаемое и невосстанавливаемое Коэффициент сохранения эффективности $K_{эф}$ или его модификации (примеры возможных модификаций $K_{эф}$ приведены в таблице 2.2); показатели долговечности, если для изделия может быть однозначно сформулировано понятие «предельное состояние» и определены критерии его достижения; показатели сохраняемости, если для изделия предусматривается хранение (транспортирование) в полном составе и собранном виде или показатели сохраняемости отдельно хранимых (транспортируемых) частей изделия
	Вид I	Восстанавливаемое Комплексный ПН и, при необходимости, один из определяющих его показателей безотказности или ремонтпригодности; показатели долговечности и сохраняемости, выбираемые аналогично изделиям вида II
		Невосстанавливаемое Единичный показатель безотказности; показатели долговечности и сохраняемости, выбираемые аналогично изделиям вида II
ИОН	Вид II	Восстанавливаемое и невосстанавливаемое Набор ПН составных частей изделия, рассматриваемых как изделия вида I
	Вид I	Восстанавливаемое Комплексный ПН и, при необходимости, один из определяющих его показателей безотказности или ремонтпригодности; показатели долговечности и сохраняемости, выбираемые аналогично ИКН вида I
		Невосстанавливаемое Единичный показатель безотказности; показатели долговечности и сохраняемости, выбираемые аналогично ИКН вида I

Процедура выбора номенклатуры задаваемых ПН для новых (разрабатываемых или модернизируемых) изделий состоит из трех независимых этапов: выбор показателей безотказности и ремонтпригодности и (или) комплексных; выбор показателей долговечности; выбор показателей сохраняемости.

Номенклатуру показателей безотказности, ремонтпригодности и (или) комплексных устанавливают для изделий вида I в соответствии с таблицей 2.2, а для изделий вида II — таблицей 2.3.

Таблица 2.2 – Выбор номенклатуры показателей безотказности и ремонтпригодности или комплексных для изделий вида I

Классификация изделий по признакам, определяющим выбор ПН				
По назначению	По режиму применения	По возможности восстановления и обслуживания		
		Восстанавливаемые		Невосстанавливаемые
		Обслуживаемые	Необслуживаемые	Обслуживаемые и необслуживаемые
ИКН	Изделия непрерывного длительного применения (НПДП)	K_z^{**} или $K_{m,u}$; T_o ; T_e^*	K_z ; T_o ; T_e^*	$P(t_{б,p})^{**}$ или T_{cp}
	Изделия многократного циклического применения (МКЦП)	$K_{o,c}(t_{б,p})=K_z \cdot P(t_{б,p})$; T_e		$P_{вкл}(P_o)$ и T_{cp}
	Изделия однократного применения (с предшествующим периодом ожидания) (ОКРП)	$K_{m,u,ож}$; $P(t_{б,p})$; $T_{e,ож}^*$	$K_{z,ож}$; $P(t_{б,p})$; $T_{e,ож}^*$	$P(t_{ож})$; $P(t_{б,p})$
ИОН	Изделия НПДП и МКЦП	$K_{m,u}$; T_o ; T_e^*	K_z ; T_o ; T_e^*	T_g^{**} или T_{cp}
	Изделия ОКРП	–	–	$P_{вкл}(P_o)$

* Задают дополнительно к K_z или $K_{m,u}$ при наличии ограничений на продолжительность восстановления. При необходимости с учетом специфики изделий вместо T_e допускается задавать один из следующих показателей ремонтпригодности: T_{eg}^{**} , $P(t_e)$ или G_e .

** Задают для изделий, выполняющих ответственные функции; в противном случае задают второй показатель.

Примечание: для невосстанавливаемых простых высоконадежных ИОН вида I (типа комплектующих изделий межотраслевого применения, деталей, узлов) допускается вместо T_{cp} задавать интенсивность отказов λ .

Таблица 2.3 – Выбор номенклатуры показателей безотказности и ремонтпригодности или комплексных для изделий вида II

Классификация изделий по признакам, определяющим выбор ПН			
По назначению	По возможности восстановления и обслуживания		
	Восстанавливаемые		Невосстанавливаемые
	Обслуживаемые	Необслуживаемые	Обслуживаемые и необслуживаемые
ИКН	$K_{эф}$; $T_{e,c,ч}^*$		$K_{эф}$
ИОН	$K_{m,u,c,ч}$; $T_{o,c,ч}$; T_e^*	$K_{z,c,ч}$; $T_{o,c,ч}$	$T_{g,c,ч}^{**}$ или $T_{cp,c,ч}$

* Задают дополнительно к $K_{эф}$ при наличии ограничений на продолжительность восстановления. При необходимости с учетом специфики изделий вместо T_e допускается задавать один из показателей ремонтпригодности: $T_{e,γ}$, $P(t_e)$ или G_e .

** Задают для изделий, выполняющих ответственные функции; в противном случае задают второй показатель.

Выбор показателей долговечности ИКН и ИОН осуществляют в соответствии с таблицей 2.4.

С целью упрощения в таблице 2.4 указан наиболее распространенный вид плановых ремонтов — капитальный. При необходимости аналогичные показатели долговечности можно устанавливать относительно «средних», «базовых», «доковых» и др. плановых ремонтов.

Таблица 2.4 – Выбор номенклатуры показателей долговечности

Классификация изделий по признакам, определяющим выбор показателей				
Возможные последствия перехода в предельное состояние	Основной процесс, определяющий переход в предельное состояние	Возможность и способ восстановления технического ресурса (срока службы)		
		Неремонтируемые	Ремонтируемые обезличенным способом	Ремонтируемые необезличенным способом
Изделия, переход которых в предельное состояние при применении по назначению может привести к катастрофическим последствиям (контроль технического состояния возможен)	Изнашивание	$T_{p\gamma cn}$	$T_{p\gamma k.p}$	$T_{p\gamma cn}; T_{p\gamma k.p}$
	Старение	$T_{сл\gamma cn}$	$T_{сл\gamma k.p}$	$T_{сл\gamma cn}; T_{сл\gamma k.p}$
	Изнашивание и старение одновременно	$T_{p\gamma cn}; T_{сл\gamma cn}$	$T_{p\gamma k.p}; T_{сл\gamma k.p}$	$T_{p\gamma cn}; T_{сл\gamma cn}; T_{p\gamma k.p}; T_{сл\gamma k.p}$
Изделия, переход которых в предельное состояние при применении по назначению не ведет к катастрофическим последствиям	Изнашивание	$T_{p.c.p.cn}$	$T_{p.c.p.k.p}$	$T_{p.c.p.cn}; T_{p.c.p.k.p}$
	Старение	$T_{сл.c.p.cn}$	$T_{сл.c.p.k.p}$	$T_{сл.c.p.cn}; T_{сл.c.p.k.p}$
	Изнашивание и старение одновременно	$T_{p.c.p.cn}; T_{сл.c.p.cn}$	$T_{p.c.p.k.p}; T_{сл.c.p.k.p}$	$T_{p.c.p.cn}; T_{сл.c.p.cn}; T_{p.c.p.k.p}; T_{сл.c.p.k.p}$

Выбор показателей сохраняемости ИКН и ИОН осуществляют в соответствии таблицей 2.5.

Таблица 2.5 – Выбор номенклатуры показателей сохраняемости

Признак, определяющий выбор показателей сохраняемости	Задаваемый показатель
Возможные последствия достижения предельного состояния или отказа при хранении и (или) транспортировании	
Изделия, достижение предельного состояния которыми или отказы которых при хранении и (или) транспортировании могут привести к катастрофическим последствиям (контроль технического состояния возможен)	$T_{c\gamma}$
Изделия, достижение предельного состояния которыми или отказы которых при хранении и (или) транспортировании не ведут к катастрофическим последствиям	$T_{c.c.p.}; \left\{ \begin{matrix} P(t_{xp.}) \\ P(t_{mp}) \end{matrix} \right\}^*$
*Задают вместо $T_{c.c.p.}$ в тех случаях, когда заказчиком заданы срок хранения t_{xp} и дальность транспортирования t_{mp} .	

Для изделий, переход которых в предельное состояние или отказ которых при хранении и (или) транспортировании могут привести к катастрофическим последствиям, а контроль технического состояния затруднен или невозможен, вместо гамма-процентных показателей долговечности и сохраняемости следует задавать назначенные ресурс, срок службы и срок хранения.

Условные обозначения показателей надежности приведены в приложении А.

Пример 1. Изделие — радиостанция переносная.

Радиостанция — ИКН вида I, многократного циклического применения, восстанавливаемое, обслуживаемое. Задаваемые показатели по таблице 2.2:

$$K_{o,z} = K_z \cdot P(t_{б,p}); T_e.$$

Радиостанция — изделие, переход которого в предельное состояние не ведет к катастрофическим последствиям, стареющее и изнашиваемое одновременно, ремонтируемое обезличенным способом, длительно хранимое. Задаваемые показатели долговечности и сохраняемости по таблицам 2.4 и 2.5: $T_{p,cr,k,p}$; $T_{сл,cr,k,p}$; $T_{c,cr}$.

Пример 2. Изделие — транзистор.

Транзистор — ИОН вида I (высоконадежное комплектующее изделие межотраслевого применения), непрерывного длительного применения, невосстанавливаемое, необслуживаемое, переход которого в предельное состояние не ведет к катастрофическим последствиям, изнашиваемое, стареющее при хранении. Задаваемые показатели по таблицам 2.2, 2.4 и 2.5: λ ; $T_{p,cr,cr}$; $T_{c,cr}$.

1.3 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 T_{cp}^* .

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.

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:

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

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

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

$$j(t) = \frac{\Delta n}{N_0 \cdot \Delta t}. \quad (2.3)$$

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

$$N_0 = N(t).$$

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

$$T_{cp} = \frac{\sum_{i=1}^n T_i}{n}, \quad (2.4)$$

где T_i – время работы i -го изделия до первого отказа;

n – число изделий в партии.

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.

Задача 1.

Определить вероятность безотказной работы транзисторов, 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 .

Данные взять из таблицы Б.2.

Задача 2.

Определить интенсивность отказов, если в конце промежутка времени были исправными $N(t)$ изделий и за время Δt вышли из строя Δn изделий.

Данные для примера взять из таблицы Б.3.

Задача 3.

Определить среднюю наработку до первого отказа для 6 изделий в партии, если известно время работы i -го изделия до первого отказа.

Данные для примера взять из таблицы Б.4.

Задача 4.

Определить параметр потока отказов для 3-х изделий, если за время Δt 1-ое изделие отказало n_1 раз, второе изделие – n_2 , третье изделие – n_3 . Данные для примера 4 взять из таблицы Б.5.

Задача 5.

Определить наработку на отказ для трех изделий. 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.

Данные для примера взять из таблицы Б.6.

2 ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ И ОФОРМЛЕНИЯ РАБОТЫ

1. Изучить основные сведения по работе, записать тему и цель работы.

2. Выбрать изделие из перечня, приведенного в приложении Б в таблице Б.1 по шифру: последняя цифра зачетной книжки или порядковый номер списка группы. В зависимости от совокупности классификационных группировок, к которым оно отнесено, с помощью таблиц 2.1–2.5 определить набор показателей, подлежащих заданию. Описать изделие, как показано в примерах 1–2.

3. Представить свойства и показатели надежности в виде «дерева свойств».

4. Произвести расчет показателей надежности: $p(t)$, $\lambda(t_0)$, $T_{ср}$, $\phi(t)$, T (задачи 1, 2, 3, 4, 5). Данные для решения задач взять из таблиц Б.2–Б.6 приложения Б.

3 ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПОДГОТОВКИ

1. Какие признаки используются для классификации показателей надежности?

2. Методика выбора номенклатуры показателей надежности.

3. Какие единичные показатели характеризуют безотказность и ремонтно-пригодность изделия?

4. Как определяются основные показатели безотказности?

5. Какие единичные показатели характеризуют долговечность изделия?

6. Какие единичные показатели характеризуют сохраняемость изделия?

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 3

ПРИМЕНЕНИЕ ЭКСПЕРТНОГО МЕТОДА ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ КОЭФФИЦИЕНТОВ ВЕСОМОСТИ ЕДИНИЧНЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА

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

1 ОСНОВНЫЕ СВЕДЕНИЯ

Эксперт – это специалист, компетентный в решении данной задачи (от лат. *expertus* – опытный). Компетентность эксперта в отношении объекта исследования – это профессиональная компетентность, а в отношении методологии принятия экспертного решения исследуемой задачи – экспертная компетентность. Эксперт должен быть беспристрастным и объективным при оценивании объекта исследования.

Экспертный метод – это метод решения задач, основанный на использовании обобщенного опыта и интуиции специалистов-экспертов. Данный метод оценки уровня качества продукции используется в тех случаях, когда невозможно или очень затруднительно использовать методы объективного определения значений единичных или комплексных показателей свойств такими методами, как инструментальный, эмпирический или расчетный.

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;
- анализ полученных результатов.

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. Обычно оптимальное число экспертов составляет 7...12 человек.

Подготовка опроса заключается в составлении специальных вопросников или анкет, в которых излагается сущность обсуждаемого вопроса, подробно дается метод подготовки и оформления ответов.

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. 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 $R = 1$, а наименее значимый – рангом $R = n$, 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 $R_{ij} = 9 / 3 = 3$.

В отличие от метода оценки весомости заранее составленного комплекса показателей при неограниченном выборе эксперты не имеют одинакового перечня показателей. Им дается одинаковый список и предоставляется возможность его дополнения новыми показателями. Показатели ранжируются в порядке убывания значимости. При этом число показателей у экспертов может быть неодинаковым. Считают, что показатели, которым эксперт не дал оценку, имеют одинаковый наихудший ранг. Выражения для вычисления ранговых оценок недостающих ЕПК приведены в таблице 3.1. Полученные таким образом недостающие ранговые оценки обрабатываются по методике, рассмотренной ниже.

Таблица 3.1 – Выражения для расчета ранговых оценок недостающих показателей качества

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

Согласованность мнений экспертов в отношении важности каждого свойства оценивают по формуле:

$$C_i = \frac{\sigma_i}{R_i} \cdot 100, \quad (3.1)$$

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

σ_i – среднеквадратическое отклонение по каждому i -му показателю качества;

$$s_i = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^m (\bar{R}_i - R_{ij})^2}{m-1}}, \quad (3.2)$$

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.

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

$$W = \frac{\sum_{i=1}^n (S_i - \bar{S})^2}{\frac{1}{12} m^2 (n^3 - n) - m \sum_{j=1}^m T_j}, \quad (3.3)$$

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

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

телей;

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 :

$$\chi^2 = W m (n - 1). \quad (3.4)$$

Если $\chi^2 > \chi^2_{\text{табл}}$, то показатель W значим с установленной вероятностью. Значения $\chi^2_{\text{табл}}$ приведены в таблице 3.2.

Таблица 3.2 – 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.

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:

$$\Delta R_{ij} = |R_{ij} - R(S_i)| \quad (3.5)$$

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

$$a_i = \frac{1}{\frac{S_{ki}}{\sum_{i=1}^n \frac{1}{S_{ki}}}}, \quad (3.6)$$

или

$$a_i = \frac{mn - S_i}{0,5mn(n-1)} \quad (3.7)$$

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:

$$\alpha_{i0} = \alpha_i' / \sum \alpha_i' \quad (3.8)$$

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

2 ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ И ОФОРМЛЕНИЯ РАБОТЫ

1. Изучить основные сведения по работе, записать тему и цель работы.
2. Провести ранжирование установленных в работе 1 единичных показателей качества при ограниченном их количестве. Результаты оформить в виде таблицы 3.3.

Таблица 3.3 – Форма регистрации результатов экспертного опроса

Номер строки	Шифр эксперта	Ранговые оценки показателей качества R_{ij}					Сумма	F_j
		x_1	...	x_i	...	x_n		
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	I							
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_{io}						1,0	

3. Оценить согласованность мнений экспертов относительно важности каждого i -го единичного показателя по формуле (3.1).

4. Рассчитать коэффициент конкордации W по формуле (3.3) и оценить его значимость по критерию χ^2 . Проанализировать величину W : если $W < 0,6$, то необходимо выявить эксперта, чьи оценки наиболее отличаются от других. Для этого по результатам расчетов по формуле (3.5) заполнить строки 8...16 таблицы 3.3. Если $W > 0,6$, то строки 8...16 не заполняются, а в строку 17 переписывают значение S_i^{-1} .

5. Вычислить коэффициенты весомости показателей качества α_i , используя выражения (3.6) или (3.7), выявить существенно значимые ЕПК и рассчитать их коэффициенты весомости α_{io} по формуле (3.8).

6. Сделать вывод по результатам работы.

3 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 № 4

ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТОВ ВЕСОМОСТИ 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

«Метод медиан» относится к комбинированным методам выбора определяющих показателей качества, где используются экспериментальные данные и данные экспертного опроса. 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 «-». Далее находят медианы точек на уровнях «+» и «-» и абсолютную разницу между значениями медиан:

$$\Delta M_i = |M_i^{ "+" } - M_i^{ "-" }|, \quad (4.1)$$

где $M^{ "+" }$ и $M^{ "-" }$ – медианы значений y , которым присвоены знаки «+» и «-».

Медиана – значение признака, которое делит всю совокупность, представленную в виде вариационного ряда, на две равные по числу вариантов части.

Коэффициенты весомости показателей рассчитывают по формуле:

$$a_i = \frac{\Delta M_i}{\sum_{i=1}^n \Delta M_i}, \quad (4.2)$$

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.

Существенно значимыми являются показатели, для которых $a_i > 1/n$.

Приведем пример применения метода разности медиан для определения весомости показателей качества костюмной ткани. В таблице 4.1 приведены экспертные оценки по пятибалльной шкале и фактические значения показателей качества восьми вариантов костюмных тканей.

Таблица 4.1 – 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	4,8	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	—	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	-	-	-	+	+	-
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
ΔM_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}	—	—	0,30	0,35	—	0,35	—

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.

На основании анализа фактических средних значений составлена кодированная матрица показателей (знаком «+» обозначены показатели, значения которых лучше средних, знаком «-» – хуже средних).

По данным этой матрицы построена точечная диаграмма рассеивания (рисунок 4.1) и найдены значения медиан на уровнях «+» и «-». Затем по формуле (4.2) рассчитаны коэффициенты весомости единичных показателей качества.

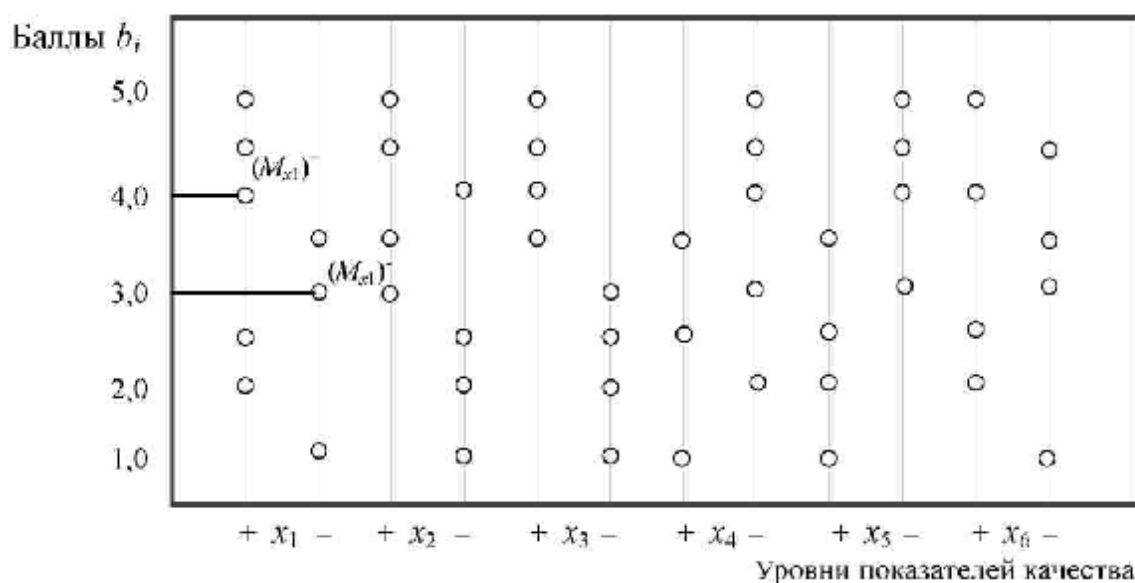


Рисунок 4.1 – Точечная диаграмма рассеивания показателей качества костюмной ткани

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.

2 ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ И ОФОРМЛЕНИЯ РАБОТЫ

1. Получить от преподавателя вариант контрольного задания и рассчитать средние значения единичных показателей качества.

2. Составить кодированную матрицу показателей (примечание: для негативных показателей значения выше среднего кодируются знаком «-», значения ниже среднего – знаком «+», для позитивных показателей действия обратные). Результаты представить по форме таблицы 4.1.

3. Построить точечные диаграммы рассеивания оцениваемых показателей качества (рисунок 4.1).

4. Выбрать определяющие показатели качества и рассчитать для них коэффициенты весомости.

3 ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПОДГОТОВКИ

1. В каких случаях применяется метод разности медиан?

2. Какие показатели называют позитивными и негативными?

3. Назовите этапы определения коэффициентов весомости единичных показателей качества методом разности медиан.

4. Как определяют медиану для четного и нечетного количества точек ряда?

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 5

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 стандартах, технических условиях и других ТНПА на продукцию, определяющих требования к продукции заданного качества. В таблице 5.1 приведены формулы для вычисления коэффициентов весомости показателей качества, используемых для определения комплексных показателей Q с различным 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 5.1 – Выражения для подсчета комплексных средневзвешенных показателей качества

Формула комплексного показателя	Формулы для расчета a_i	Для позитивных показателей	Для негативных показателей
$Q = \sum_{i=1}^n q_i a_i$	$a_i = (\Delta x_i)^{-1} / \sum_{i=1}^n (\Delta x_i)^{-1}$	$\Delta x_i = \bar{x}_i - (x_i^{nped})_{min}$	$\Delta x_i = (x_i^{nped})_{max} - \bar{x}_i$
$G = \prod_{i=1}^n q_i^{a_i}$	$a_i = \lg^{-1}(I x_i) / \sum_{i=1}^n \lg^{-1}(I x_i)$	$I x_i = \frac{\bar{x}_i}{(x_i^{nped})_{min}}$	$I x_i = \frac{(x_i^{nped})_{max}}{\bar{x}_i}$
$H = 1 / \sum_{i=1}^n (a_i / q_i)$	$a_i = \frac{P x_i / \Delta x_i}{\sum_{i=1}^n (P x_i / \Delta x_i)}$	$P x_i = \bar{x}_i \cdot (x_i^{nped})_{min}$	$P x_i = \bar{x}_i \cdot (x_i^{nped})_{max}$

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 наилучшее, но допустимое его значение, ниже которого этот показатель опускаться не может;

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

2 ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ И ОФОРМЛЕНИЯ РАБОТЫ

1. Получить от преподавателя данные серии измерения единичных показателей, входящих в комплексную оценку, и оформить их в виде таблицы 5.2.

Таблица 5.2 – Результаты измерений ЕПК для вычисления их коэффициентов весомости

Наименование показателя	Значение показателя в серии измерений										\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. Рассчитать средние значения показателей и выбрать по соответствующей технической документации предельно допустимые значения единичных показателей качества, входящих в комплексную оценку. Результаты записать в таблицу 5.2.

3. Вычислить коэффициенты весомости показателей качества, используемых для расчета комплексного среднеарифметического, среднегеометрического и среднегармонического показателей качества продукции (формулы в таблице 5.1).

4. Сделать выводы по работе.

3 ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПОДГОТОВКИ

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

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

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 6

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

Цель работы – получить практические навыки применения корреляционно-регрессионного 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

$$Q = a_0 + a_1q_1 + a_2q_2 + \dots + a_nq_n, \quad (6.1)$$

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

$$Q = 10^{a_0} \cdot q_1^{a_1} \cdot q_2^{a_2} \cdot \dots \cdot q_n^{a_n} \quad (6.2)$$

После логарифмирования оно приводится к линейному виду

$$\lg Q = a_0 + a_1 \lg q_1 + a_2 \lg q_2 + \dots + a_n \lg q_n \quad (6.3)$$

Методика решения уравнений 6.1 и 6.3 одинакова. Целью расчетов является определение значений свободного члена уравнения и коэффициентов при единичных показателях качества.

2 ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ И ОФОРМЛЕНИЯ РАБОТЫ

1. Изучить основные сведения по работе.
2. Провести серию измерений (наблюдений) или получить выборочные данные у преподавателя и занести их в графы 2...5 таблицы 6.1.

Таблица 6.1 Первичные данные для вычисления парных коэффициентов корреляции

№ п/п	q_{1j}	q_{2j}	...	q_{nj}	Δq_{1j}	Δq_{2j}	...	Δq_{nj}	Δq_{1j} * Δq_{2j}	...	Δq_{2j} * Δq_{nj}	Δq_{1j} * Δq_{nj}	$\Delta^2 q_{1j}$	$\Delta^2 q_{2j}$...	$\Delta^2 q_{nj}$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
1																
2																
...																
j																
...																
m																
Сумма																
Среднее					–	–	–	–	–		–	–	–	–	–	–

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

4. Определить отклонения каждого текущего значения от среднего арифметического Δq_{ij} , записать отдельные результаты и их сумму в графы 6...9 таблицы 6.1.

5. Определить и записать в графы 10...13 таблицы 6.1 парные произведения отклонений по всем возможным сочетаниям показателей. Количество сочетаний определяется выражением $0,5n(n - 1)$.

6. Возвести отклонения в квадрат. Отдельные результаты и их сумму записать в графы 14...17 таблицы 6.1.

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

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

где m – объем статистической выборки.

8. Вычислить коэффициент вариации для каждого учитываемого показателя C_i :

$$C_i = 100s_{q_i} / \bar{q}_i$$

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

9. Рассчитать коэффициент парной корреляции r_{ij} между всеми учитываемыми показателями попарно, включая комплексный показатель качества (результаты занести в таблицу 6.2):

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

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 6.2 – Сводная таблица парных коэффициентов корреляции

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

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

$$t_{ii'} = |r_{ii'}| / S_{ii'}^0,$$

где

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

Критерий Стьюдента помогает оценить значимость выявленной связи. Если объем выборки достаточно велик, то распределение коэффициента корреляции можно считать нормальным. Тогда, если $t_{ii'} > t_{\alpha} [P = 0,95; m]$, 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.

11. 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:

Таблица 6.3 – 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		–	–	

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

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

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

18. Рассчитать коэффициент вариации расчетных величин C_R по формуле:

$$C_R = 100s_R / \bar{Q}_{\phi} .$$

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

3 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 № 7

ОПРЕДЕЛЕНИЕ УРОВНЯ КАЧЕСТВА ПРОДУКЦИИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНОГО МЕТОДА ОЦЕНКИ

Цель работы – ознакомиться с дифференциальным методом оценки уровня качества продукции и способами представления единичных показателей качества продукции в безразмерной форме.

1 ОСНОВНЫЕ СВЕДЕНИЯ

Для оценки уровня качества продукции с использованием дифференциального метода оценки единичные показатели переводят в относительные безразмерные показатели. Преимущество относительных (безразмерных) показателей состоит в том, что они отражают основной механизм процесса оценивания. Этот механизм 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.

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 x_i с некоторым нормативом. Этот норматив задается либо минимально допустимым значением (a) для положительного показателя, либо максимально допустимым значением (b) для отрицательного показателя. В этом случае относительный показатель имеет бинарную конфигурацию, то есть обращается в единицу при выполнении условия (1) и обращается в ноль при его несоблюдении:

$$\begin{aligned} q &= 1 \text{ при } x_i \geq a \text{ и } x_i \leq b, \\ q &= 0 \text{ при } x_i \leq a \text{ или } x_i \geq b. \end{aligned} \quad (7.1)$$

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 стандартам, составляет девять), пряжа, нити, тканые полотна, продукты питания и т.д. Тогда вычисле-

ние относительных показателей подчиняется классической схеме, представленной в виде выражения с учетом классификации показателей на позитивные и негативные:

$$q = \left(\frac{x_{i\text{ оц}}}{x_{i\text{ баз}}} \right)^{\text{sgn } \Delta x}, \quad (7.2)$$

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

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

$x_{i\text{ баз}}$ – значение единичного показателя качества базового образца (характерное для наилучшего уровня, достигнутого предприятиями-конкурентами или партнерами или лучшее значение из всех сравниваемых вариантов продукции);

$x_{i\text{ оц}}$ – значение единичного показателя качества оцениваемого образца.

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

$$x_{i\text{ баз}} = \{m_{\text{в}}, m_{\text{н}}, X_{\text{max}}, X_{\text{min}}\},$$

где $m_{\text{в}}$ – значение показателя, соответствующее верхней доверительной границе математического ожидания или среднеквадратического отклонения;

$m_{\text{н}}$ – 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 (7.2), 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 (7.2) можно применять в большинстве ситуаций оценивания.

В третьем случае относительные (дифференциальные) показатели определяются с учетом ограничений (допусков) на предельные значения показателей. При этом исходят из того, что показатель q должен характеризовать не соотношения $x_{i\text{ оц}}$ и $x_{i\text{ баз}}$, а степень их соответствия, т.е. степень приближения значений $x_{i\text{ оц}}$ к $x_{i\text{ баз}}$.

При сопоставлении оцениваемого образца с базовым при оценке уровня качества формулы для расчета относительных оценок будут иметь вид:

$$\text{если } x_{i\text{ оц}} > x_{i\text{ баз}}, \text{ то } q = 1 - \frac{x_{i\text{ оц}} - x_{i\text{ баз}}}{x_{i\text{ нр. max}} - x_{i\text{ баз}}}, \quad (7.3)$$

если $x_{i\text{ оц}} < x_{i\text{ баз}}$, то
$$q = 1 - \frac{x_{i\text{ баз}} - x_{i\text{ оц}}}{x_{i\text{ баз}} - x_{i\text{ np.min}}}, \quad (7.4)$$

где $x_{i\text{ np.min}}$ – наименьшее предельное значение $x_{i\text{ оц}}$;

$x_{i\text{ np.max}}$ – наибольшее предельное значение $x_{i\text{ оц}}$;

Если в результате оценки соответствия продукции требованиям нормативной документации установлено предельное отклонение, то значение дифференциального показателя можно определить по формулам:

$$q = 1 - \frac{x_n - x_\phi}{x_n - x_{\text{np.min}}}, \quad (7.5)$$

$$q = 1 - \frac{x_\phi - x_n}{x_{\text{np.max}} - x_n}, \quad (7.6)$$

где x_n – номинальное значение показателя;

x_ϕ – фактическое значение показателя;

$x_{\text{np.min}}$ – предельное значение показателя снизу (определяется вычитанием предельного отклонения из номинального значения);

$x_{\text{np.max}}$ – предельное значение показателя сверху (определяется прибавлением предельного отклонения к номинальному значению).

Формула (7.5) 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 (7.6).

Значение q меняется от 0 до 1 и тем ближе к 1, чем ближе фактическое значение к заданному номинальному.

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

После получения значений относительных оценок показателей качества необходимо сделать вывод об уровне качества оцениваемого образца.

В результате сопоставления показателей дифференциальным методом могут быть сформулированы следующие результаты оценивания в качественной форме:

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

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

- уровень качества оцениваемой продукции ниже уровня базового образца, если все значения $q_i < 1$, причем хотя бы одно значение строго меньше еди-

ницы: $q_i < 1$ (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.

2 ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ И ОФОРМЛЕНИЯ РАБОТЫ

1. Получить у преподавателя задание для определения уровня качества выбранного объекта оценивания, содержащее перечень единичных показателей, их фактические (для оцениваемого и базового образцов) и нормативные значения.

2. Обосновать выбор расчетных формул и определить значения относительных оценок показателей для оцениваемого и базового образцов продукции.

3. Сделать вывод об уровне качества оцениваемого объекта.

3 ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПОДГОТОВКИ

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

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

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

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

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 8

ОПРЕДЕЛЕНИЕ УРОВНЯ КАЧЕСТВА ПРОДУКЦИИ КОМПЛЕКСНЫМ МЕТОДОМ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СРЕДНЕВЗВЕШЕННОГО ПОКАЗАТЕЛЯ

Цель работы – изучить методику определения комплексной средневзвешенной оценки при определении уровня качества продукции.

1 ОСНОВНЫЕ СВЕДЕНИЯ

Комплексная оценка качества представляет собой обобщенную оценку, при которой в одном показателе, в отличие от дифференциальной оценки, объединяют комплекс наиболее значимых показателей качества. Преимущество комплексной оценки заключается в наличии одной числовой итоговой оценки вместо нескольких по единичным показателям.

Комплексная оценка условно складывается из следующих этапов:

- выбор определяющих показателей качества и расчет их коэффициентов весомости;
- определение фактических значений определяющих показателей качества;
- определение базовых значений определяющих показателей качества;
- расчет относительных оценок показателей качества;
- расчет комплексных оценок.

При расчете комплексного показателя качества используют различные способы усреднения:

Способ усреднения	Формула комплексного показателя
арифметический	$Q = \sum_{i=1}^n q_i a_i$
геометрический	$G = \prod_{i=1}^n q_i^{a_i}$
гармонический	$H = 1 / \sum_{i=1}^n (a_i / q_i)$

Применяемость способов вычисления средневзвешенных оценок зависит от многих факторов, в том числе от чувствительности к изменениям (приращениям) каждого из единичных показателей.

Средневзвешенное арифметическое усреднение используется при объединении однородных показателей, разброс между которыми невелик; геометрическое – для неоднородных показателей, имеющих большой разброс; гармоническое – для однородных показателей, но с большим разбросом.

Вывод об уровне качества оцениваемой продукции по наименьшему значению комплексного показателя можно сделать, используя шкалу, представленную в таблице 8.1.

Таблица 8.1 – Характеристика уровня качества продукции (услуг) в зависимости от значения комплексного показателя качества

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»

Полученная комплексная оценка должна удовлетворять следующим основным требованиям:

- репрезентативности, т.е. учету всех возможных для исследования характеристик;
- монотонности, т.е. изменению в ту же сторону, что и основная характеристика;

- нормированности, т.е. учету размаха возможных значений, определяющих характер выбираемой статистической измерительной шкалы;
- сопоставимости, т.е. переходу к относительным оценкам для исключения влияния различной физической природы характеристик.

2 ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ И ОФОРМЛЕНИЯ РАБОТЫ

1. Выписать из предыдущей работы дифференциальные оценки качества нескольких вариантов продукции.
2. Определить коэффициенты весомости показателей качества любым из ранее изученных методов.
3. Вычислить значения комплексного средневзвешенного показателя различными способами.
4. Сделать вывод об уровне качества оцениваемого объекта по наименьшему значению КПК по шкале, представленной в таблице 8.1.

3 ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПОДГОТОВКИ

1. Из каких этапов складывается комплексная оценка уровня качества?
2. Какие способы усреднения могут использоваться при расчете комплексной средневзвешенной оценки?
3. От чего зависит выбор способа усреднения комплексной оценки?
4. Какие требования предъявляются к комплексной оценке?

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 9

ОПРЕДЕЛЕНИЕ УРОВНЯ КАЧЕСТВА ПРОДУКЦИИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЭКСПЕРТНОГО МЕТОДА ОЦЕНКИ

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

1 ОСНОВНЫЕ СВЕДЕНИЯ

Экспертные методы оценивания качества продукции могут использоваться при формировании сразу общей оценки (без детализации) уровня качества продукции, а также при решении многих частных вопросов, связанных с определением показателей свойств чего-либо. Следовательно, экспертные методы находят применение:

- при общей (обобщенной) оценке качества продукции;
- классификации оцениваемой продукции;
- определении номенклатуры показателей свойств оцениваемой продукции;

- определении коэффициентов весомости свойств качества продукции;
- оценивании показателей свойств продукции органолептическим методом;
- выборе базовых образцов и безразмерных значений базовых показателей качества;
- определении итогового комплексного показателя качества на основе совокупности единичных и комплексных (обобщенных и групповых) показателей.

Экспертный метод оценки уровня качества продукции не может быть использован, если есть возможность оценить качество другими аналитическими или экспериментальными методами с большей точностью или с меньшими затратами.

Наибольшее применение получили четыре метода экспертной оценки качества:

- 1) метод оценки ранжированием;
- 2) метод попарного сопоставления (метод предпочтений);
- 3) балльный метод оценивания;
- 4) социальный метод экспертизы.

1.1 Метод оценки ранжированием

В случае если результат оценивания качества эксперты представляют в виде ранжированного ряда, численное определение итоговых численных оценок качеств состоит в следующем:

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

Пример 1. Пять экспертов, оценивая семь однотипных объектов А и классифицируя их по качеству, составили такие ранжированные ряды по возрастающей шкале порядка:

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: $A_5 < A_3 < A_1 < A_2 < A_6 < A_4 < A_7$.

Место объекта в ранжированном ряду называется его рангом. Численное значение ранга в ряду возрастающей шкалы порядка увеличивается от 1 до m (m – количество оцениваемых объектов). В данном примере $m = 7$.

4. Определяются суммы рангов S_i каждого из объектов экспертной оценки.

В рассматриваемом примере они таковы:

$$S_1 = 4 + 6 + 4 + 4 + 3 = 21;$$

$$S_2 = 3 + 3 + 2 + 3 + 4 = 15;$$

$$S_3 = 2 + 2 + 1 + 2 + 2 = 9;$$

$$S_4 = 6 + 5 + 6 + 5 + 6 = 28;$$

$$S_5 = 1 + 1 + 3 + 1 + 1 = 7;$$

$$S_6 = 5 + 4 + 5 + 6 + 5 = 25;$$

$$S_7 = 7 + 7 + 7 + 7 + 7 = 35.$$

5. На основании полученных сумм рангов строят обобщенный ранжированный ряд.

Следовательно, в итоге ранжированный ряд, полученный всеми экспертами группы, имеет вид: $A5 < A3 < A2 < A1 < A6 < A4 < A7$.

6. Обобщенные экспертные оценки качества группы рассматриваемых объектов экспертизы, т.е. коэффициенты их весомости, рассчитываются по формуле:

$$a = \frac{S_i}{\sum_{i=1}^m S_i}.$$

Расчеты по данной формуле для рассматриваемого примера дают следующие результаты: $\alpha_1 = 0,15$; $\alpha_2 = 0,11$; $\alpha_3 = 0,06$; $\alpha_4 = 0,20$; $\alpha_5 = 0,05$; $\alpha_6 = 0,18$; $\alpha_7 = 0,25$.

1.2 Метод оценки попарным сопоставлением объектов (метод предпочтений)

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.

Пример. В таблице 9.1 представлены суждения эксперта для шести объектов.

Таблица 9.1 – Результаты попарного сопоставления объектов экспертом

Показатель	1	2	3	4	5	6	Количество предпочтений i -го объекта
1		1	1	1	5	1	4
2			2	2	5	2	3
3				3	5	3	2
4					5	4	1
5						5	5
6							0

Максимально возможное число предпочтений любого из рассматриваемых объектов, полученное от одного из экспертов, равно

$$N_{max} = m - 1,$$

где m – количество оцениваемых объектов.

Частота этих предпочтений F_i находится как частное от деления N_i на N_{max} , т.е.

$$F_i = \frac{N_i}{N_{\max}} = \frac{N_i}{m-1}. \quad (9.1)$$

Используя для примера данные табл. 9.1, получаем $N_{\max} = 6 - 1 = 5$, а частоты предпочтений, данные экспертом, равны:

$$F_1 = 0,8; F_2 = 0,6; F_3 = 0,4; F_4 = 0,2; F_5 = 1; F_6 = 0.$$

Наибольшее число предпочтений одного объекта C , связанное с количеством экспертов n и объектов экспертизы m , находят из соотношения

$$C = \frac{n(m-1)}{2}. \quad (9.2)$$

При шести объектах экспертизы и шести экспертах $C = 15$.

Определенный одним экспертом сравнительный показатель качества i -го объекта или весомость по сравнению с другими объектами рассчитывают по формуле

$$Q_i = \frac{\sum_{i=1, j=1}^{m, n} F_{i, j}}{C}, \quad (9.3)$$

где m – число оцениваемых объектов;

n – число экспертов в группе.

В рассматриваемом примере результаты экспертизы таковы:

$$Q_1 = 0,27; Q_2 = 0,18; Q_3 = 0,16; Q_4 = 0,08; Q_5 = 0,30; Q_6 = 0,01.$$

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

Если сумма показателей весомости существенно отличается от 1, то, чтобы увеличить достоверность оценивания, проводят повторное сопоставление объектов, используя для этого свободную часть таблицы попарного сопоставления. При этом повторное сопоставление производят в хаотическом порядке. В таком случае каждая пара объектов сопоставляется дважды. Такое полное или двойное сопоставление объектов существенно уменьшает случайные ошибки оценок экспертов. Следовательно, двойное сопоставление обладает более высокой достоверностью, чем однократное.

Возможное наибольшее количество предпочтений одного объекта, полученное от одного эксперта, равно

$$N_{\max} = 2(m-1), \quad (9.4)$$

а частота предпочтений

$$F_i = \frac{N_i}{N_{\max}} = \frac{N_i}{2(m-1)}. \quad (9.5)$$

1.3 Балльный метод оценивания

При экспертизе качества продукции наиболее часто используют балльные оценки. Балльные оценки даются непосредственно экспертами или получаются в результате *формализации* процесса оценки. Эта формализация бывает эвристической или экспериментальной.

Непосредственное назначение балльных оценок производится экспертами независимо друг от друга или в процессе обсуждения. Количество баллов в принимаемой оценочной шкале может быть разным. Для оценки показателей качества обычно используют пяти-, семи- или десятибалльную шкалы.

Пример пятибалльной шкалы

Оценка	Число баллов
Отличное качество	5
Хорошее качество	4
Вполне удовлетворительное качество	3
Удовлетворительное качество	2
Плохое качество	1

Пример семибалльной шкалы

Оценка	Число баллов
Качество очень высокое	7
Качество высокое	6
Качество выше среднего	5
Качество среднее	4
Качество ниже среднего	3
Качество низкое	2
Качество очень низкое	1

Обобщенный показатель качества, определяемый экспертным методом по балльной системе исчислений, находят как среднее арифметическое значение оценок, поставленных всеми экспертами, т.е. вычисляют по формуле:

$$Q_{\text{экс}} = \frac{\sum_{i=1}^m N_i}{m}, \quad (9.6)$$

где m – число экспертов в группе;

N_i – оценки в баллах, поставленные экспертами.

Если при экспертизе качества проводят несколько туров оцениваний (опросов), то в этом случае значение показателя качества определяют как среднее арифметическое значение оценок, полученных в каждом туре опроса экспертов.

1.4 Социологический метод

Этот по существу маркетинговый метод, как и экспертный, основан на опросах, мнениях, но не специальных экспертов, а фактических и потенциальных потребителей оцениваемой продукции. Поэтому социологический метод относят к разновидности экспертного. Сбор мнений потребителей производится опросом или с помощью распространения и заполнения специальных анкет-вопросников, а также путем организации конференций, выставок, аукционов, опытно-показательной эксплуатации и т.п.

2 ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ И ОФОРМЛЕНИЯ РАБОТЫ

1. Изучить основные сведения по работе, записать тему и цель работы.
2. Получить образцы продукции и произвести оценивание их уровня качества методом попарного сопоставления.
3. Составить таблицу предпочтений объектов в приведенной форме.

Номер эксперта	Частота предпочтений объектов			
	F ₁	F ₂	...	F _n
1				
2				
...				
m				
Итого $\sum F_{i,j}$				

4. Рассчитать значимость сопоставляемых объектов Q_i по формуле 9.3. Проверить выполнение условия $\sum Q_i = 1$. Составить ранжированный ряд.
5. Если сумма показателей весомости существенно отличается от 1, то провести повторное сопоставление объектов, заполнив свободную часть таблицы 9.1.
6. Рассчитать повторно частоты предпочтений по формуле (9.5) и заполнить таблицу по форме п.3. Пересчитать значимость сопоставляемых объектов Q_i и составить итоговый ранжированный ряд.
7. Провести анализ результатов и сделать выводы по работе.

3 ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПОДГОТОВКИ

1. Укажите области применения экспертных методов.
2. Какие существуют разновидности экспертного метода?
3. Сущность метода оценки ранжированием.
4. Сущность метода попарного сопоставления. Особенности метода двойного попарного сопоставления.
5. Сущность балльного метода оценки.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 10

ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОМПЛЕКСНЫХ ОЦЕНОК КАЧЕСТВА ПО РАНГАМ И БАЛЛАМ

Цель работы – изучить методику оценки качества продукции по рангам и баллам.

1 ОСНОВНЫЕ СВЕДЕНИЯ

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 $\frac{m(m-1)}{2}$.

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:

$$\text{для позитивных показателей} - R_{ni} = R_{\max} - \frac{(R_{\max} - R_{\min}) \times (x_i - x_{\min})}{(x_{\max} - x_{\min})}, \quad (10.1)$$

$$\text{для негативных показателей} - R_{ni} = R_{\min} + \frac{(R_{\max} - R_{\min}) \times (x_i - x_{\min})}{(x_{\max} - x_{\min})}, \quad (10.2)$$

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. Рекомендуется использовать два варианта шкалы балловых оценок для пяти (таблица 10.1) или семи градаций качества (таблица 10.2).

Непрерывные балловые оценки рассчитываются по следующим формулам:

$$\text{для позитивных показателей} - B_{ni} = B_{\min} + \frac{(B_{\max} - B_{\min}) \times (x_i - x_{\min})}{(x_{\max} - x_{\min})};$$

$$\text{для негативных показателей} - B_{ni} = B_{\max} - \frac{(B_{\max} - B_{\min}) \times (x_i - x_{\min})}{(x_{\max} - x_{\min})};$$

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.

Таблица 10.1 – Шкала балловых оценок для пяти градаций качества

Градация	Балл	Качество материала	Оценка по дефектности		
			градация	балл	качество материала
5	5	Отличное	5	100	Высокое
4	4	Хорошее	4	80	Выше среднего
3	3	Среднее	3	60	Среднее
2	2	Плохое	2	40	Ниже среднего
1	1	Очень плохое	1	20	Низкое

Таблица 10.2 – Шкала балловых оценок для семи градаций качества

Градация	Балл	Качество материала	Градация	Балл	Качество материала
7	100	Очень высокое	3	40	Ниже среднего
6	85	Высокое	2	25	Низкое
5	70	Выше среднего	1	10	Очень низкое
4	55	Среднее			

Для подсчета комплексных показателей качества используют формулы, приведенные в работе № 8 (с.41), а также комбинированную комплексную оценку K :

$$K = \sqrt{Q \cdot q_x},$$

где Q – средняя арифметическая комплексная оценка;

q_x – наихудший показатель качества.

2 ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ И ОФОРМЛЕНИЯ РАБОТЫ

1. Изучить основные сведения по работе, записать тему и цель работы.

2. Получить у преподавателя задание, включающее значения единичных показателей качества для пяти вариантов однородной продукции и их коэффициенты весомости.

3. Используя полученные данные, провести ранговую оценку показателей качества и определить комплексные показатели качества пяти вариантов продукции по дискретным и непрерывным рангам.

4. Учитывая имеющиеся нормы на единичные показатели качества, провести балловую оценку показателей и рассчитать комплексные показатели качества всех пяти вариантов продукции по дискретным и непрерывным баллам.

5. Оформить таблицы результатов комплексной оценки качества пяти вариантов продукции по рангам и баллам.

6. Провести анализ полученных результатов и сделать выводы.

3 ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПОДГОТОВКИ

1. Что характеризуют ранговые и балловые оценки показателей качества?
2. Какой недостаток имеют дискретные ранговые оценки?
3. Каким образом производится переход от размерных показателей к дискретным балловым оценкам?

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 11

КОМПЛЕКСНАЯ ОЦЕНКА КАЧЕСТВА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ФУНКЦИИ ЖЕЛАТЕЛЬНОСТИ

Цель работы – изучить методику оценивания качества продукции 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:

$$q = \exp[-1/y] = \frac{1}{e^{1/y}} \quad - \text{для } 0 < y < \infty, \quad (11.1)$$

$$q = \exp[-(1/\exp(y))] = \frac{1}{e^{1/e^y}} \quad - \text{для } -\infty < y < \infty. \quad (11.2)$$

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

$$y = a_0 + a_1 x_i \quad (11.3)$$

или

$$y = a_0 + a_1 x_i + a_2 x_i^2. \quad (11.4)$$

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 таблица 11.1).

Таблица 11.1 - 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	
		(10.1)	(10.2)		(10.1)	(10.2)
«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 и a_1 нормативные данные 2-го варианта (таблица 11.1); предположим, что первый сорт соответствует уровню «отлично», а второй сорт – уровню «удовлетворительно». Подставляя имеющиеся данные в уравнение (11.3), 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 11.3 и 11.1, 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. работу № 8).

По данным таблицы 11.1 (1 вариант) намечают зоны установленных (в данном случае четырех) качественных градаций, а в соответствии с данными таблицы 11.2 строят непрерывный график функции желательности (рисунок 11.1).

Таблица 11.2 – Значения функции желательности в основных и промежуточных точках

Числовые значения					
y	q согласно (11.1)	q согласно (11.2)	y	q согласно (11.1)	q согласно (11.2)
-2,00	не определяется	0,00	1,50	0,51	0,80
-1,50	не определяется	0,01	2,00	0,61	0,87
-1,00	не определяется	0,07	2,50	0,67	0,92
-0,50	не определяется	0,19	3,00	0,72	0,95
0,00	0,00	0,37	3,50	0,75	0,97
0,50	0,14	0,54	4,00	0,78	0,98
0,77	0,28	0,63	4,50	0,80	0,99
1,00	0,37	0,69	5,00	0,82	0,99

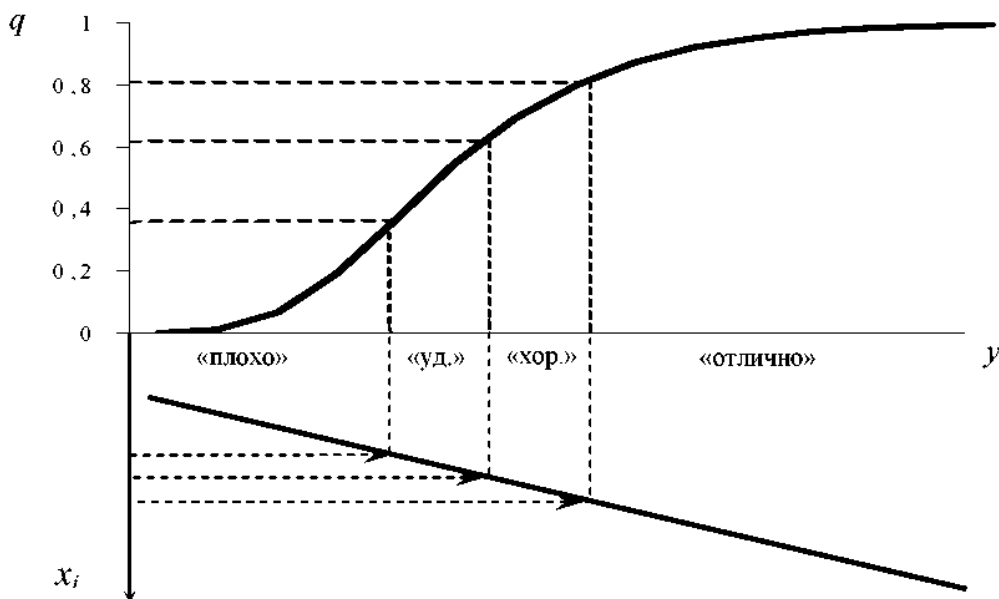


Рисунок 11.1 – Номограмма для определения показателей желательности (для формулы 11.2)

Для построения функции y используются базовые точки функции желательности (таблица 11.1) 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.

2 ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ И ОФОРМЛЕНИЯ РАБОТЫ

1. Выбрать однородные объекты оценивания и номенклатуру единичных показателей качества.
2. Построить график функции желательности по данным таблице 11.2 (можно принять любой вариант) или по шкале, предложенной преподавателем.
3. Используя нормативные значения, установленные в стандартах, определить коэффициенты уравнений для расчета вспомогательных показателей y_i .
4. Определить значения показателей желательности q_i по фактическим данным, предложенным преподавателем.
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 таблицы 11.3.

Таблица 11.3 – Результаты оценивания качества выбранных объектов

Номер объекта	Значения показателей желательности					Значения КПК		
	q_1	...	q_i	...	q_n	Q	G	H
1								
2								
3								

6. Провести сравнительный анализ уровня качества оцениваемых объектов.

3 ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПОДГОТОВКИ

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

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 12

МЕТОДЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЕДИНИЧНЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА ПРОДУКЦИИ

Цель работы – овладеть основными методами определения показателей качества продукции (органолептическим, инструментальным, расчетным и др.).

1 ОСНОВНЫЕ СВЕДЕНИЯ

Показателем качества товара называется количественная характеристика одного или нескольких свойств продукции, составляющих ее качество, рассматриваемая применительно к определенным условиям ее создания, эксплуатации и потребления.

Методы определения показателей качества делят на две группы:

- по способу получения информации;
- по виду источника информации.

К методам первой группы относятся следующие:

- органолептический;
- расчетный;
- измерительный;
- регистрационный.

При *органолептическом методе* показатели определяются на основе анализа восприятий органами чувств человека.

Измерительный метод основан на использовании технических средств измерений.

Расчетный метод базируется на основе использования теоретических и эмпирических зависимостей показателей качества, установленных другими методами.

Регистрационный метод основывается на наблюдении и подсчете числа определенных событий, предметов или затрат.

К методам второй группы относят:

- экспертный;
- социологический.

Экспертный метод используется компетентными специалистами-экспертами.

Социологический метод базируется на основе сбора и анализа мнений фактических или потенциальных потребителей товара.

2 ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ И ОФОРМЛЕНИЯ РАБОТЫ

1. Изучить основные сведения по работе.

2. Определить показатели качества, характеризующие эстетические свойства хлопчатобумажных тканей (колорит, рисунок, фактура, туше) **экспертным методом**, пользуясь пятибалльной шкалой, представленной в табл. 12.1.

Таблица 12.1 – Шкала для определения эстетических показателей

Баллы	Качественная оценка
5	отличное качество
4	хорошее качество
3	среднее качество
2	плохое качество
1	очень плохое качество

Колорит – соотношение всех цветов, используемых в оформлении изделия. С колоритом тесно связан и характер поверхности изделия, так как от него зависит восприятие цвета, массы, формы. Различают фактуру и текстуру поверхности. Фактура – видимое строение поверхности изделия. В зависимости от материала и характера его обработки или отделки она бывает гладкой и ше-

роховатой, блестящей и матовой, крупно- и мелкозернистой. Текстура – видимые на поверхности элементы внутренней структуры материала. Туше характеризует восприятие материала на ощупь.

Результаты работы оформить в виде табл. 12.2.

Таблица 12.2 – Результаты экспертной оценки продукции

Краткое описание образца продукции	Номер варианта	Результат оценки, балл			
		колорит	рисунок	фактура	туше

3. Определить напряженность электростатического поля (ЭСП) **измерительным методом.**

Методика измерения изложена в СанПиН 9–29.7–95 «Методика измерения напряженности электростатического поля».

Результаты оформить в виде табл. 12.3.

Таблица 12.3 – Результаты измерения напряженности электростатического поля

Краткое описание образца продукции	Напряженность ЭСП, кВ/м		Нормируемое значение напряженности ЭСП, кВ/м
	в состоянии покоя	после натирания	

4. Определить поверхностную плотность ткани **расчетным методом.** Методика определения поверхностной плотности текстильных материалов изложена в ГОСТ 3811–72 «Материалы текстильные. Ткани, нетканые полотна, штучные изделия. Методы определения линейных размеров, линейной и поверхностной плотности»

Поверхностная плотность — это масса 1 м² ткани. Следовательно, зная массу образца и его площадь, можно рассчитать поверхностную плотность по формуле:

$$M_{M^2} = \frac{m}{L \cdot B},$$

где m — масса образца, г;

L — длина образца, м;

B — ширина образца, м.

Для определения поверхностной плотности в данной работе необходимо подготовить по три элементарные пробы каждого вида ткани размером (100 x 200) мм и взвесить их на технических весах с точностью до 0,01 г. На подготовленных пробах обозначить направление нитей основы и утка.

Результаты работы оформить в виде табл. 12.4.

Таблица 12.4 – Результаты определения поверхностной плотности тканей расчетным методом

Краткое описание образца продукции	Номер пробы	Площадь пробы, м ²	Масса пробы, г	Поверхностная плотность, г/м ²	Ср.знач. поверхностной плотности, г/м ²
	1				
	2				
	3				

5. Определить плотность ткани регистрационным методом.

Методика определения плотности ткани изложена в ГОСТ 3812–72 «Материалы текстильные. Ткани и штучные изделия. Методы определения плотности нитей и пучков ворса».

Плотность ткани — это количество основных или уточных нитей, приходящихся на 100 мм ее длины или ширины.

Для определения плотности ткани по основе и по утку необходимо подсчитать в каждой точечной пробе количество нитей отдельно по каждой системе на участке длиной 10 мм или 50 мм и пересчитать полученные результаты на 100 мм. За окончательный результат принять среднее из трех полученных значений по каждой системе нитей.

Результаты оформить в виде табл. 12.5.

Таблица 12.5 – Результаты определения плотности нитей в ткани регистрационным методом

Краткое описание образца продукции	Номер пробы	Количество нитей на 10 мм (50 мм)		Плотность ткани, нит/100 мм	
		по основе	по утку	по основе	по утку
	1				
	2				
	3				

6. Определить степень устойчивости окраски к сухому трению органолептическим методом.

Методика испытания изложена в ГОСТ 9733.27–83 «Материалы текстильные. Методы испытаний устойчивости окраски к трению». Используя шкалы серых эталонов, оценить степень закрашивания смежной хлопчатобумажной ткани, сравнить полученный результат с нормируемым значением, установленным в ГОСТ 29298–92 для хлопчатобумажных тканей бытового назначения. Результаты работы оформить в виде табл. 12.6.

Таблица 12.6 – Результаты оценки устойчивости окраски хлопчатобумажных тканей органолептическим методом

Краткое описание образца продукции	Устойчивость окраски к сухому трению, балл	
	нормируемое значение	фактическое значение

3 ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПОДГОТОВКИ

1. В чем заключается сущность экспертного метода? Привести примеры его использования.

2. В чем заключается сущность измерительного, расчетного и измерительно-расчетного методов? Привести примеры их использования.

3. В чем заключается сущность регистрационного метода? Привести примеры его использования.

4. В чем заключается сущность органолептического метода? Привести примеры его использования.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 13

ПРИМЕНЕНИЕ СТАТИСТИЧЕСКИХ МЕТОДОВ ДЛЯ АНАЛИЗА, КОНТРОЛЯ И УПРАВЛЕНИЯ КАЧЕСТВОМ

Цель работы – изучить методику построения и анализа гистограмм и диаграмм Парето.

1 ОСНОВНЫЕ СВЕДЕНИЯ

1.1 Применение диаграмм Парето в управлении качеством

Проблемы качества оборачиваются значительными потерями (дефектные изделия и затраты, связанные с их производством). Чрезвычайно важно прояснить картину распределения потерь. В большинстве случаев подавляющее число возникающих дефектов и связанных с ними потерь возникает из-за относительно небольшого числа причин, которые имеет смысл устранять. А вот все остальные причины вызывают небольшое количество дефектов, и устранение этих причин оказывается неэффективным.

Анализ Парето – это способ организации данных, чтобы показать, из каких основных факторов состоит анализируемый объект. Диаграмма Парето – это тип столбчатой диаграммы, в которой полосы строятся в нисходящем порядке, начиная слева.

Основой анализа и построения диаграммы Парето является правило "70-30", которое показывает, что чаще всего 70 % проблем являются следствием 30 % причин. Поэтому при построении диаграммы Парето целесообразно проводить стратификацию, которая заключается в выделении указанных 70 % и проведении дальнейшего анализа именно по указанной группе причин.

Различают два вида диаграмм:

1. Диаграмма Парето по результатам деятельности.

Эта диаграмма предназначена для выявления главной проблемы и отражает следующие нежелательные результаты деятельности:

- качество (дефекты, поломки, ошибки, отказы, рекламации, ремонты, возвраты продукции);
- себестоимость (объем потерь, затраты);
- сроки поставок (нехватка запасов, ошибки в составлении счетов, срыв сроков поставок);
- безопасность (несчастные случаи, трагические ошибки, аварии).

2. Диаграмма Парето по причинам.

Эта диаграмма отражает причины проблем, возникающие в ходе производства, и используется для выявления главной из них:

- рабочий (смена, бригада, возраст, опыт работы, квалификация, индивидуальные характеристики);
- оборудование (станки, агрегаты, инструменты, оснастка, организация использования, модели, штампы);
- сырье (изготовитель, вид сырья, завод-поставщик, партия);
- метод работы (условия производства, заказы-наряды, приемы работы, последовательность операций).

При построении диаграмм Парето на первом этапе необходимо определить данные, которые будут анализироваться (например, дефекты, потери, несчастные случаи), установить метод и период сбора данных. Для регистрации можно использовать контрольный листок.

Контрольный листок чаще всего представляют в виде таблицы, в которой указаны типы дефектов в той последовательности, в которой они проявляются, имеется место для графической регистрации их количества и графа для подсчета общего количества за определенный период.

Например, рассмотрим причины, которые вызывают появление дефектности обуви, которая не выявляется в ходе технологического процесса, а проявляется в период гарантийной носки и возврата обуви на предприятие для замены или ремонта (таблица 13.1).

Таблица 13.1 – Контрольный листок регистрации дефектов за январь

Типы дефектов	Группы данных	Итого
Осыпание красителя	//// // //	14
Трещины и порыв синтетики	//// // // //	17
Отрыв и полом пряжек	//// //	7
Отклей подошвы	//// // // // // // // /	31
Отдушистость	//// // // // // // /	26
Дефект подошвы	//// // /	11
Отрыв каблука	/	1

Данные контрольного листка, приведенные в таблице 13.1, группируются по месяцам и могут быть сведены в таблицу, показывающую частоту проявлений дефектов по годам (таблица 13.2).

Таблица 13.2 – Данные о возврате обуви, не выдержавшей гарантийный срок носки за период с 2001 по 2004 год

№ дефекта	Обнаруженные дефекты	2001 г.	2002 г.	2003 г.	2004 г.
1	Осыпание красителя	1505	1635	1077	866
2	Отдушистость	309	91	98	143
3	Трещины и порыв синтетики	311	679	499	274
4	Трещины и порыв верха	188	68	116	182
5	Спадание строчки	154	198	108	143
6	Трещины на ЗНШ	13	3	7	2
7	Красит подкладка	20	10	14	20
8	Порыв по канту	250	104	196	21
9	Отрыв и полом пряжек	42	9	8	56
10	Отклей подошвы	2670	2722	2456	2084
11	Оседание задников	141	155	158	92
12	Расслоение каблука	45	95	55	49
13	Дефект подошвы	571	316	596	143
14	Полом молнии	440	385	351	240
15	Отрыв каблука	684	347	447	30
16	Складки на подкладке	27	27	22	12
17	Отрыв набоек	776	127	166	9
18	Полом и отрыв украшений	3	8	34	7
19	Отрыв ремней	151	30	96	189
20	Полом супинаторов	235	240	150	115
21	Перекося ЗНШ	2	4	2	6
22	Отрыв хальнитенов	16	7	8	1
23	Порыв подкладки	21	11	12	41
24	Отклей ремня	3	7	4	4
25	Гвоздь	8	5	4	2
26	Тонировка	5	0	0	0
27	Прочие	181	222	154	160
	ВСЕГО	8771	7505	7297	4891

Дальнейшие расчеты и построения при анализе Парето рекомендуется вести по полученным **весомым** группам. Группа весомых дефектов может включать примерно 8-12 наименований (возможно и меньше).

Необходимо проанализировать и исключить те дефекты, которые могут оказаться случайными, и их значения по рассматриваемым периодам подвержены большому разбросу.

Например, анализируя 9 группу дефектов «Отрыв и полом пряжек», мы видим, что вначале наблюдается большое количество подобных дефектов, по-

том дефекты уменьшаются, а далее опять их количество увеличивается. Этому факту может быть несколько объяснений:

а) происходило изменение ассортимента, в результате чего изделия с пряжками некоторое время не выпускались;

б) после анализа причин появления дефекта было признано, что виновник – поставщик данной продукции, и от его услуг отказались, начав закупать комплектующие у другого поставщика.

Подобный анализ позволяет сделать вывод, что причины появления рассматриваемого дефекта следует искать не в технологии изготовления обуви, а поэтому данный дефект можно не учитывать.

Подобным образом анализируются все дефекты, выбираются наиболее значимые, а остальные дефекты необходимо суммировать в группу «ПРОЧИЕ». Результатом будет тот факт, что эта группа окажется самой большой. Но она как раз и относится к группе малозначимых дефектов, которые не имеет смысла устранять из-за больших затрат.

В результате подобного анализа, располагая дефекты в порядке убывания, получим следующие данные, сведенные в таблицу 13.3 (графы 1 и 2). Для удобства дальнейшего анализа номер дефекта оставляем соответствующим таблице 13.2. Аналогичный анализ производится по всем остальным годам. Следует иметь в виду, что группы дефектов по различным годам могут быть разными.

Для дальнейшего построения диаграммы Парето необходимо произвести расчет накопленных дефектов и накопленных процентов и заполнить графы 4-6 таблицы 13.3.

Таблица 13.3 – Таблица данных по дефектам обуви 2001 год

№ де- фекта	Наименование дефекта	Кол-во дефектов	Накоплен- ный дефект	Процент от общего кол-ва	Накоплен- ный про- цент
1	2	3	4	5	6
10	Отклей подошвы	2670	2670	30	30
1	Осыпание красителя	1505	4175	17	48
17	Отрыв набоек	776	4951	9	56
15	Отрыв каблука	684	5635	8	64
13	Дефект подошвы	571	6206	7	71
14	Полом молнии	440	6646	5	76
3	Трещины и порыв синтетики	311	6957	4	79
2	Отдушистость	309	7266	4	83
27	Прочие	1505	8771	17	100
	ВСЕГО	8771	-	100	-

Для непосредственного построения диаграммы Парето необходимо нарисовать одну горизонтальную и две вертикальные оси, как это показано на рисунке 13.1.

Диаграмма Парето, построенная по результатам анализа уровня дефектности обуви в результате возврата в период гарантийной носки за 2001 год.

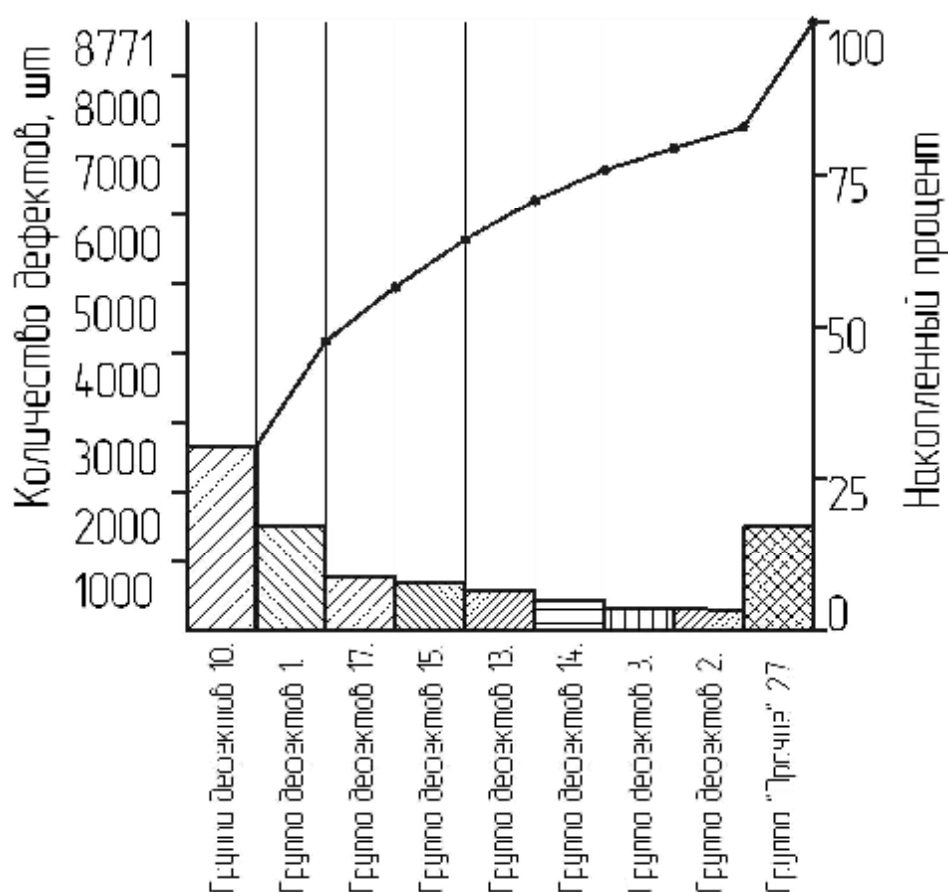


Рисунок 13.1 – Диаграмма Парето, построенная по видам наиболее значимых дефектов обуви, проявившихся в период гарантийной носки, в 2001 году

На вертикальную левую ось наносят шкалу от 0 до числа, соответствующего общему итогу (в примере для 2001 года – 8771 дефект), разбивают ее на равные интервалы. По вертикальной правой оси будет откладываться накопленный процент, поэтому на ось наносят шкалу с интервалами от 0 до 100%. Горизонтальную ось разбивают на интервалы в соответствии с числом контролируемых признаков (анализируемых групп дефектов).

Построение столбиковой диаграммы всегда должно начинаться с максимально большого столбика, соответствующего наиболее значимому дефекту, и заканчиваться также большой итоговой группой дефектов – «ПРОЧИЕ». Группу «ПРОЧИЕ» надо поместить в последний столбик вне зависимости от того, насколько большим получилось число, так как это значение составляет совокупность признаков, числовой результат по каждому из которых меньше, чем самое маленькое значение, полученное для признака, выделенного в отдельный столбик.

Для построения кумулятивной кривой (кривой Парето) нанесите точки на пересечении вертикальных линий, проходящих через правую вершину стол-

бика с горизонтальной линией, соответствующей накопленной сумме в процентах для данного дефекта. Полученные точки соединяют между собой отрезками прямых.

На построенную диаграмму нанесите все необходимые обозначения и надписи. К ним могут относиться: название, разметка числовых значений на осях, наименование контролируемого изделия, имя составителя диаграммы, когда была составлена диаграмма, для каких целей составлялась диаграмма и т.д.

Все диаграммы должны строиться в одном и том же масштабе, что позволяет проводить их сравнение и осуществлять корректный анализ.

Итогом проводимого анализа должно стать объективное заключение о том, насколько эффективно на предприятии проводятся мероприятия, направленные на повышение качества выпускаемой продукции.

1.2 Применение гистограмм в управлении качеством

Рассматривая таблицу, состоящую из числовых данных, можно понять, что одним зрительным восприятием этих данных невозможно получить достоверную информацию. Гистограмма применяется, когда требуется исследовать и представить распределение данных о числе единиц в каждой категории с помощью столбикового графика. Для понимания состояния процесса очень полезно представить в форме столбикового графика частоту, с которой появляется определенное событие (так называемое частотное распределение). Однако, например, диаграмма Парето имеет дело только с характеристиками продукции и услуги: типами дефектов, проблемами, угрозой безопасности и т.п. Гистограмма же отражает состояние качества проверенной партии изделий и помогает разобраться в состоянии качества изделий в генеральной совокупности, выявить в ней положение среднего значения.

В общем случае гистограмма используется для:

- отображения картины изменения;
- передачи информации о поведении процесса;
- принятия решения о том, где сосредоточить усилия по улучшению.

Гистограмма может иметь различную форму, по которой можно судить об условиях и результатах исследуемого процесса (рисунок 13.2):

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 отобраны 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.

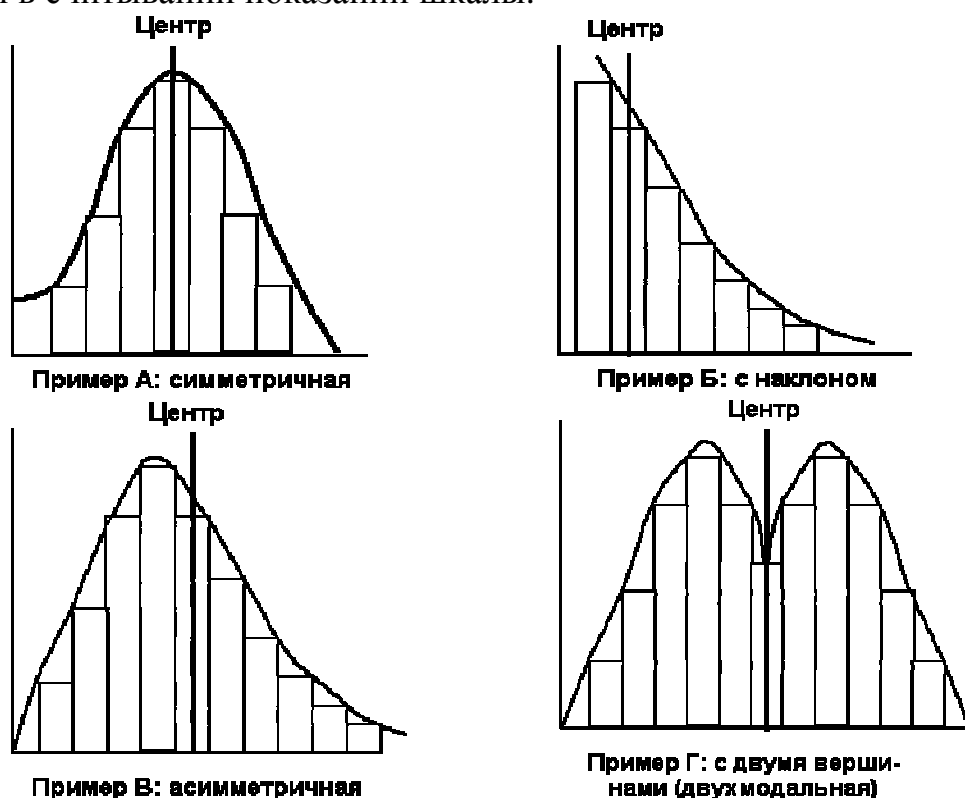


Рисунок 13.2 – Примеры гистограмм

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*;
- *моду* – значение случайной величины, которое встречается в выборке наиболее часто;
- *медиану* – значение случайной величины, которое делит упорядоченный ряд на две равные по объему группы.

Ко второй группе статистических характеристик относят:

- *размах варьирования* – разность между наибольшим и наименьшим значениями случайной величины;
- *выборочную дисперсию*;
- *выборочное среднее квадратическое отклонение*;
- *коэффициент вариации*, показывающий относительное колебание отдельных значений около среднего арифметического.

К третьей группе характеристик относят:

- *коэффициент асимметрии*, характеризующий «скошенность» распределения вправо или влево.

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.

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

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

2 ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ И ОФОРМЛЕНИЯ РАБОТЫ

2.1 Анализ и построение диаграммы Парето

2.1.1 Изучить основные сведения по работе.

2.1.2 Проанализировать данные контрольного листка, выданного преподавателем.

2.1.3 Выбрать наиболее весомую группу признаков для анализа.

2.1.4 Рассчитать накопленные дефекты и накопленные проценты, результаты оформить согласно таблице 13.3.

2.1.5 По рассчитанным данным построить диаграмму Парето и провести ее анализ. Сделать вывод по работе.

2.2 Анализ и построение гистограммы

2.2.1 Наметить к обследованию показатели качества (длина, линейная плотность, диаметр, прочность и т.д.).

2.2.2 Осуществить измерения. Итоговые данные вписать в бланк регистрации, оформленный по форме таблицы 13.4. Информация, содержащаяся в бланке, должна содержать номер и наименование измеряемого объекта, измеряемый параметр, нормативы, технологический процесс, измерительный инструмент, единицу измерений и т.д.

Таблица 13.4 – Бланк регистрации данных

Объект _____		Дата _____		
Параметр _____		Тех. процесс _____		
Ед.изм. _____		Средство изм. _____		
№ п/п	Границы класса	Серединна класса	Подсчет частот	Частота

2.2.3 Среди полученных значений найти X_{min} и X_{max} .

2.2.4 Определить широту распределения (размах) R :

$$R = X_{max} - X_{min} .$$

2.2.5 Рассчитать количество интервалов K :

$$K = N^{1/2} ,$$

где N – число измерений.

2.2.6 Рассчитать широту интервала h :

$$h = R/K.$$

2.2.7 Установить граничные значения интервалов. Наименьшее граничное значение для первого интервала будет равно $X_{min} - d/2$, где d – дискретность измеренных значений показателя качества.

2.2.8 Найти вторую границу интервала, прибавляя ширину интервала h .

2.2.9 Определить количество значений, попавших в каждый интервал.

2.2.10 В бланк регистрации вписать середины каждого интервала и подсчитать частоты.

2.2.11 Построить гистограмму распределения, нанося по оси абсцисс границы интервалов, а по оси ординат — шкалу для частот. Для каждого класса строят прямоугольник с основанием, равным ширине интервала, и с высотой, соответствующей частоте попадания данных в этот интервал.

2.2.12 Провести анализ полученной гистограммы и сделать вывод по работе.

3 ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПОДГОТОВКИ

1. В чем преимущество статистических методов контроля качества?
2. Что такое диаграмма Парето?
3. Для каких целей строятся диаграммы Парето?
4. Расскажите последовательность построения диаграммы Парето.
5. Какие бывают виды диаграмм Парето?
6. Что такое гистограмма и для каких целей она используется?
7. Какие виды гистограмм вы знаете?
8. Какие статистические характеристики определяются для более полного анализа гистограммы?
9. Расскажите последовательность построения гистограммы.

ПРИЛОЖЕНИЯ

ПРИЛОЖЕНИЕ А

Условные обозначения показателей надежности:

- $K_{т.и}$ — коэффициент технического использования;
 $K_{т.и.ож}$ — $K_{т.и}$ в режиме ожидания применения;
 $K_{т.и.с.ч}$ — коэффициент технического использования составной части;
 K_2 — коэффициент готовности;
 $K_{о.г}$ — коэффициент оперативной готовности;
 $K_{2.ож}$ — K_2 в режиме ожидания применения;
 $P_{о(вкл)}$ — вероятность безотказного срабатывания (включения);
 $P(t_{б.р})$ — вероятность безотказной работы при наработке $t_{б.р}$;
 $t_{б.р}$ — наработка, в пределах которой вероятность безотказной работы изделия не ниже заданной;
 $t_{ож}$ — время ожидания применения по назначению;
 $T_в$ — среднее время восстановления;
 $T_{в.ож}$ — среднее время восстановления в режиме ожидания;
 $T_о$ — средняя наработка на отказ (наработка на отказ);
 $T_{ср}$ — средняя наработка до отказа;
 $P(t_в)$ — вероятность восстановления;
 $G_в$ — средняя трудоемкость восстановления;
 $K_{эф}$ — коэффициент сохранения эффективности;
 $K_{т.и.с.ч}$ — коэффициент технического использования составной части;
 $T_{в\gamma}$ — гамма-процентное время восстановления;
 $T_{р.ср.сп}$ — средний ресурс до списания (полный);
 $T_{р.ср.к.р}$ — средний ресурс до капитального (среднего и т. п.) ремонта;
 $T_{сл.ср.сп}$ — средний срок службы до списания (полный);
 $T_{сл.ср.к.р}$ — средний срок службы до капитального (среднего и т. п.) ремонта;
 $T_{р\gamma сп}$ — гамма-процентный ресурс до списания (полный);
 $T_{р\gamma к.р}$ — гамма-процентный ресурс до капитального (среднего и т. п.) ремонта;
 $T_{сл\gamma сп}$ — гамма-процентный срок службы до списания (полный);
 $T_{сл\gamma к.р}$ — гамма-процентный срок службы до капитального (среднего и т. п.) ремонта;
 $T_{с.ср}$ — средний срок сохраняемости;
 $T_{с\gamma}$ — гамма-процентный срок сохраняемости.

Таблица Б.1

№ вар.	Наименование изделия	№ вар.	Наименование изделия
1	Радиоприемник	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

Таблица Б.2

№ варианта	t	N ₀	N(t)	№ варианта	t	N ₀	N(t)
1	1000	100	98	11	500	130	127
2	1000	150	144	12	500	150	149
3	1000	120	116	13	1000	140	136
4	1000	130	126	14	1000	140	135
5	1000	140	137	15	1000	140	134
6	500	100	97	16	1000	50	47
7	500	90	87	17	1000	50	45
8	500	90	85	18	1000	75	72
9	500	110	106	19	1000	75	73
10	500	120	114	20	1000	75	74

Таблица Б.3

№ варианта	N(t)	Δt	Δn	№ варианта	N(t)	Δt	Δn
1	1000	100	50	11	505	100	45
2	1000	100	45	12	504	100	46
3	1005	100	45	13	402	100	48
4	1003	100	47	14	403	50	47
5	1002	100	48	15	404	50	46
6	1000	100	49	16	406	50	44
7	500	100	50	17	407	50	43
8	500	100	47	18	605	50	45
9	500	100	45	19	604	50	46
10	503	100	47	20	606	50	44

Таблица Б.4

№ вар.	t ₁	t ₂	t ₃	t ₄	t ₅	t ₆	№ вар.	t ₁	t ₂	t ₃	t ₄	t ₅	t ₆
1	20	25	30	35	31	32	11	91	90	70	95	100	90
2	40	41	54	45	50	49	12	100	101	105	74	106	100
3	30	31	39	20	37	40	13	84	85	80	85	87	88
4	10	15	20	19	18	16	14	20	21	24	26	20	27
5	100	105	75	109	110	99	15	31	33	34	35	34	30
6	100	110	120	109	115	116	16	44	41	45	44	46	10
7	85	80	81	70	50	82	17	55	54	50	52	50	56
8	70	71	72	50	25	70	18	17	15	18	10	17	16
9	50	51	55	54	50	56	19	20	27	22	21	23	19
10	75	72	73	74	75	70	20	75	74	73	77	74	76

Таблица Б.5

№вар.	n ₁	n ₂	n ₃	Δt	N ₀	№ вар.	n ₁	n ₂	n ₃	Δt	N ₀
1	2	3	1	100	3	11	5	3	2	100	3
2	3	4	2	100	3	12	2	1	5	100	3
3	4	3	1	100	3	13	3	2	5	100	3
4	4	5	2	100	3	14	4	2	4	100	3
5	4	4	3	100	3	15	4	3	5	100	3
6	5	5	1	100	3	16	2	3	4	100	3
7	2	5	3	100	3	17	1	2	1	100	3
8	3	4	5	100	3	18	1	3	2	100	3
9	4	2	1	100	3	19	2	1	4	100	3
10	5	4	5	100	3	20	5	5	5	100	3

Таблица Б.6

№ вар.	t ₁₁	t ₁₂	t ₁₃	t ₁₄	t ₂₁	t ₂₂	t ₂₃	t ₃₁	t ₃₂	t ₃₃	t ₃₄
1	100	80	85	90	120	100	90	80	85	70	100
2	120	100	90	80	125	110	90	75	80	70	65
3	130	120	110	102	131	130	90	75	70	60	55
4	100	110	105	90	100	95	90	95	90	85	65
5	90	80	70	60	90	85	70	60	65	62	59
6	102	100	91	85	98	85	71	65	60	50	41
7	500	400	450	200	400	405	380	350	330	310	100
8	400	385	350	340	420	400	390	390	380	310	200
9	430	410	400	300	400	350	300	410	380	300	250
10	420	400	390	350	410	360	340	380	350	300	280
11	410	405	360	320	400	380	360	300	305	250	220
12	400	380	70	350	380	350	300	200	280	300	150
13	200	190	180	100	180	190	170	180	150	140	120
14	210	200	190	180	200	185	170	140	150	120	100
15	220	210	200	180	150	190	180	160	170	150	120
16	230	220	210	170	210	200	170	220	200	190	150
17	250	240	230	200	240	220	210	240	200	190	165
18	150	140	145	130	140	130	120	100	90	80	70
19	160	150	140	135	175	150	110	300	250	200	170
20	170	160	140	120	180	160	120	400	350	300	200

РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. ГОСТ 27.003–90. Надежность в технике. Состав и общие правила задания требований по надежности. Введ. – 1992–01–01. Москва : Изд–во стандартов, 1991. – 27 с.
2. ГОСТ 27.002–89. Надежность в технике. Основные понятия. Термины и определения. Введ. – 1990–07–01. Москва : Изд–во стандартов, 1990. – 37 с.
3. Азгальдов, Г. Г. Теория и практика оценки качества товаров (основы квалиметрии) / Г. Г. Азгальдов. – М.: Экономика, 1982. – 256 с.
4. Азгальдов, Г. Г. Квалиметрия в архитектурно-строительном проектировании / Г. Г. Азгальдов. – М.: Стройиздат, 1989. – 264 с.
5. Хвастунов, Р. М. Квалиметрия в машиностроении : учебник / Р. М. Хвастунов и [др.]. – М.: Издательство «Экзамен», 2009. – 258 с.
6. Федюкин, В. К. Квалиметрия. Измерение качества промышленной продукции : уч. пособие / В. К. Федюкин. – М.: КНОРУС, 2009. – 320 с.
7. Соловьев, А. Н. Оценка и прогнозирование качества текстильных материалов / А. Н. Соловьев, С. М. Кирюхин. – М.: Легкая и пищевая промышленность, 1984. – 215 с.
8. Кирюхин, С. М. Контроль и управление качеством текстильных материалов / С. М. Кирюхин, А. Н. Соловьев. – М.: «Легкая индустрия», 1977. – 312 с.
9. Сероштан, М. В. Качество непродовольственных товаров : уч. пособие для вузов / М. В. Сероштан, Е. Н. Михеева. – М.: Издательский дом «Дашков и К», 2000. – 164 с.
10. Севостьянов, А. Г. Методы и средства исследования механико-технологических процессов текстильной промышленности / А. Г. Севостьянов. – М.: Легкая индустрия, 1980. – 392 с.
11. Статистические методы повышения качества : пер. с англ. / под ред. Х. Кумэ. – Москва : Финансы и статистика, 1990. – 304 с.
12. Виноградов, Ю. С. Математическая статистика и ее применение в текстильной и швейной промышленности / Ю. С. Виноградов. – М.: Легкая индустрия, 1970. – 312 с.
13. Федоров, М. В. Оценка качества промышленных товаров / М. В. Федоров, Е. Е. Задесенец. – М.: Экономика, 1977.
14. Гуцаленко, Г. В. Математические методы в экономическом анализе на предприятиях легкой промышленности / Г. В. Гуцаленко, Н. Ф. Загривная, Л. А. Сипач. – Мн.: «Вышэйшая школа», 1978. – 120 с.