

**ГОУВПО
«ДОНЕЦКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

КОНСПЕКТ ЛЕКЦИЙ

**учебной дисциплины вариативной части
профессионального цикла дисциплин по выбору ВУЗа
ГОС ВПО по направлению подготовки магистра
27.04.02 «Управление качеством»**

**«Квалиметрия и управление качеством. Аналитические
методы и комплексные инструменты качества»**

Донецк, 20__

**ГОУВПО
«ДОНЕЦКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

КОНСПЕКТ ЛЕКЦИЙ

**учебной дисциплины вариативной части
профессионального цикла дисциплин по выбору ВУЗа
ГОС ВПО по направлению подготовки магистра
27.04.02 «Управление качеством»**

**«Квалиметрия и управление качеством. Аналитические
методы и комплексные инструменты качества»**

Рассмотрено
на заседании кафедры
«Управление качеством»
протокол № 13 от «7» «12» 2016 г.

Утверждено на заседании
учебно-издательского
Совета ДонНТУ
Протокол № ____ от «__» «_____» 20__ г

Донецк, 20__

УДК 658.562 (076)

Конспект лекций по учебной дисциплине вариативной части профессионального цикла дисциплин по выбору ВУЗа «Квалиметрия и управление качеством. Аналитические методы и комплексные инструменты качества» для студентов дневной (заочной) формы обучения по направлению подготовки магистра 27.04.02 «Управление качеством» / Сост. Е.В.Мирошниченко. - Донецк: ДонНТУ, 2016г.- 40с.

Конспект лекций содержит теоретический материал по требованиям образовательно-профессиональной программы подготовки магистра по направлению 27.04.02 «Управление качеством».

Составители:

Е.В.Мирошниченко, к.э.н., доцент

Ответственный за выпуск

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	5
Тема 1. Использование шкалы наименований для решения квалиметрических задач.	6
Тема 2. Статистическая связь между показателями, измеренными по шкалам наименований.	9
Тема 3. Задачи обработки данных по шкалам порядка	13
Тема 4. Статистические связи показателей, измеренных по шкалам порядка. Диаграмма сдвига.	17
Тема 5. Выбор основных показателей, характеризующих надёжность изделий	21
Тема 6. Оценка уровня качества разнородной продукции. Определение индексов качества продукции	28
1. Понятие разнородной продукции	28
2. Индекс качества продукции	28
3. Индекс дефектности	30
Тема 7. Качество и конкурентоспособность изделий	32
1. Конкурентоспособность технической продукции	32
2. Оценка качества по экономической эффективности	34
Тема 8. Построение диаграммы Исикавы	36
Литература	39

ВВЕДЕНИЕ

Первым шагом к улучшению качества производимой продукции и предоставляемых услуг является получение навыков количественного оценивания фактического (достигнутого) уровня качества и систематизации имеющейся информации с целью принятия оптимального решения о конкретных путях и методах повышения качества продукции (услуг).

Оценка качества - первый и основной этап системы управления качеством. Трудности реализации многих видов продукции и ее конкурентоспособность связаны с неумением правильно оценивать качество на различных стадиях ее жизненного цикла, а также объективно оценивать правильные ценообразования. Необходимость обеспечения качества, разработка и внедрение систем менеджмента качества на предприятиях, стандартизация показателей качества продукции обуславливают потребность в науке о количественной оценке качества (квалиметрии), рассматривая аналитические методы и комплексные инструменты управления качеством.

Основанием для разработки конспекта лекций по учебной дисциплине вариативной части профессионального цикла по выбору ВУЗа «Квалиметрия и управление качеством. Аналитические методы и комплексные инструменты качества» является ООП подготовки магистра по направлению 27.04.02 «Управление качеством».

Конспект лекций по учебной дисциплине вариативной части профессионального цикла по выбору ВУЗа «Квалиметрия и управление качеством. Аналитические методы и комплексные инструменты качества» разработан на основе:

учебного плана подготовки магистра по направлению 27.04.02 «Управление качеством»;

рабочей программы учебной дисциплины «Квалиметрия и управление качеством. Аналитические методы и комплексные инструменты качества».

Цель настоящего конспекта лекций - дать студентам теоретические основы предлагаемой дисциплины.

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

Проблема измерения и количественной оценки качества продукции в настоящее время является узловой проблемой всей науки о качестве продукции. Количественная оценка качества дает исследователю необходимый инструмент, с помощью которого можно решить все остальные проблемы качества продукции, в том числе и проблемы управления качеством.

ТЕМА 1

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ШКАЛЫ НАИМЕНОВАНИЙ ДЛЯ РЕШЕНИЯ КВАЛИМЕТРИЧЕСКИХ ЗАДАЧ

Цель: приобрести умения решать квалиметрические задачи с использованием шкалы наименований.

Центральное место в процедуре оценивания занимает построение квалиметрических шкал. Квалиметрические шкалы подразделяются на качественные и количественные. К качественным шкалам относятся номинальные и порядковые.

В квалиметрии шкала измерений является средством адекватного сопоставления и определения численных значений отдельных свойств и качеств различных объектов.

Шкала наименований. В тех случаях, когда несколько неизвестных размеров необходимо сопоставлять с одним и определить, какие из них равны размеру, выбранному за базу сравнения, а какие нет, тогда используют так называемую шкалу наименований. По шкале наименований классифицируют размеры по признаку эквивалентности, тождества, равенства. Измерение заключается в определении одинаковости (равенства) или отличия (неравенства) того или иного размера от заранее определенного значения.

Математическое выражение сущности измерений по шкале наименований можно записать так:

$$Q_i = \text{или} \neq Q_j,$$

где Q_i – размер, с которым сравнивают (базовый размер);

Q_j – j -ый из сравниваемых размеров ($j = 1, 2, 3, \dots, n$);

n – число сравниваемых размеров.

При сопоставлении и измерении размеров по шкале наименований могут быть сделаны следующие выводы: годен – не годен; подходит – не подходит; соответствует – не соответствует и т.п. Таким образом, например, осуществляют калибровку деталей машин и иных изделий на предприятиях – изготовителях продукции, при входном контроле, а также в ряде других случаев.

Статистическая обработка данных, полученных по шкале наименований, позволяет решать ряд квалиметрических задач, рассмотренных далее.

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

Для альтернативного признака, когда p – доля (часть) элементов с определенным признаком в совокупности, дисперсия определяется, как

$$D_x^2 = p(1-p)$$

Среднеквадратическое отклонение σ частоты p :

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

$$n_{\min} = M \cdot p - t \sigma, \quad n_{\max} = M \cdot p + t \sigma,$$

где t – коэффициент Стьюдента, выбираемый в зависимости от доверительной вероятности P и общего числа наблюдений N с $k=N-1$ по таблице.

Аналогично для частоты $p_{ч}$:

$$p_{ч\min} = p_{ч} - t\sigma, \quad p_{ч\max} = p_{ч} + t\sigma.$$

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

Достоверность различия средних частот $p_{ч1}$ и $p_{ч2}$ проверяют по формуле:

$$t = \frac{p_{ч2} - p_{ч1}}{\sqrt{\frac{p(1-p_{ч1})}{N_1} + \frac{p(1-p_{ч2})}{N_2}}}.$$

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

Количество исследований, которое нужно провести, чтобы с вероятностью не менее P можно было бы утверждать, что данный признак будет обнаружен хотя бы один раз, находится по формуле:

$$N = \frac{\ln(1-P)}{\ln(1-\bar{P})},$$

где \bar{P} - ожидаемая (достаточно малая) вероятность появления признака;
 P – гарантируемая (достаточно большая) вероятность обнаружения признака в случае его наличия в \bar{P} -й части объектов.

Контрольные вопросы:

1. Что называется шкалой наименований?
2. Для решения, каких видов задач может быть использована шкала наименований?
3. Чему равна частота p появления признака X , если в выборке из N объектов обнаружено n объектов с этим признаком?
4. Что характеризует среднее квадратическое отклонение σ ?
5. Чему равно среднее квадратическое отклонение σ величины n ?
6. Чему равно среднее квадратическое отклонение σ частоты p ?
7. Чему равен доверительный интервал значений, в который с заданной вероятностью P укладывается фактическое значение оцениваемой величины?
8. Какие значения может принимать доверительная вероятность P ?
9. От чего зависит выбор значений доверительной вероятности?
10. В каких случаях доверительная вероятность принимается равной 0,80?
11. В каких случаях доверительная вероятность принимается равной 0,90?
12. В каких случаях доверительная вероятность принимается равной 0,95?
13. Как определяется и от чего зависит значение коэффициента Стьюдента?
14. Каким образом определяют достоверность различия средних частот?

15. С какой целью рассчитывают достоверность различия средних частот?

16. Приведите формулу для определения количества исследований, необходимых для обнаружения у объекта испытаний некоторого признака с вероятностью не менее P .

17. Приведите основные статистические характеристики выборки данных, полученных по шкале наименований.

18. Приведите примеры задач, для решения которых могут быть использованы формулы (1), (2) и (4).

19. Приведите примеры задач, для решения которых могут быть использованы формулы (3) и (5).

20. Приведите примеры задач, для решения которых может быть использована формула (6).

21. Приведите примеры задач, для решения которых может быть использована формула (7).

ТЕМА 2

СТАТИСТИЧЕСКАЯ СВЯЗЬ МЕЖДУ ПОКАЗАТЕЛЯМИ, ИЗМЕРЕННЫМИ ПО ШКАЛАМ НАИМЕНОВАНИЙ

Цель: приобрести умения решать квалиметрические задачи с использованием шкалы наименований. Статистический анализ влияния различных факторов на показатели качества, измеренные с помощью шкалы наименований.

В первые годы перестройки тему качества поднимал и обсуждал довольно узкий круг специалистов. Руководителей и коллективы предприятий в большей степени волновали вопросы приватизации. Рынок, как вакуум, втягивал и принимал любые товары, поэтому разговор о качестве на большинстве предприятий просто не воспринимался.

Сейчас рынок стал достаточно насыщенным и более стабильным, особенно в отношении продукции длительного пользования. Ряд мер по защите граждан от небезопасных товаров приняло государство. Качество, став причиной банкротства многих предприятий, сегодня воспринимается уже не как абстрактная категория, а как стратегическая задача, от успешного решения которой во многом зависит стабильность российской экономики, ее место в мировом производстве и распределении.

Назрела необходимость взглянуть на проблему качества с точки зрения новой экономической реальности. Настало время, когда производители продукции поняли, что путь их выживания и благополучия в рыночной среде – это создание продукции высокого качества, конкурентоспособной как на внутреннем, так и на внешнем рынках. Предприятия любой формы собственности, не уделяющие должного внимания проблеме качества, будут просто разорены.

Возникновение квалиметрии как науки связано с осмыслением проблемы измерения и количественной оценки качества в сочетании с проблемой управления качеством продукции. При правильном подходе на предприятии к оценке качества выпускаемой продукции роль инженера-квалиметролога в обеспечении ее качества и конкурентоспособности может стать огромной. Он должен правильно выявить потребительские требования, осуществить прогноз их изменений на достаточно длительный срок, необходимый для перестройки производства. Одновременно инженер-квалиметролог должен помнить, что только снижение цены продукции при одновременном повышении ее качества обеспечит конкурентоспособность. Поэтому он должен представлять себе возможности конструкторов и технологов и грамотно ставить перед ними задачу так, чтобы обеспечение потребительских требований не было связано с большими затратами на перестройку технологии. В тех случаях, когда для управления качеством продукции приходится использовать группу экспертов, инженер-квалиметролог должен методически правильно сформировать эту группу и правильно руководить ее работой. Методическую основу решения всех этих задач предоставляет квалиметрия.

Разновидностью квалиметрических задач, которые необходимо решать квалиметрологу в процессе своей деятельности, является статистический ана-

лиз влияния различных факторов на показатели качества, измеренные с помощью шкалы наименований.

Влияние некоторого фактора, действующего на все или некоторые показатели, проявляется в изменении частоты оценок во всех или некоторых градациях шкалы. Чаще всего встречаются факторы, действующие только на показатели, отнесённые к некоторым градациям и не затрагивающие показатели, отнесённые к другим градациям.

Мерой статистической связи между влияющим фактором и тем или иным показателем является критерий Пирсона.

Вычисленное значение критерия Пирсона χ^2 сравнивается с критическим значением $\chi_{кр}^2$.

Число степеней свободы для парной связи определяется как

$$f = (k_1 - 1)(k_2 - 1),$$

где k_1 и k_2 – количество градаций анализируемых показателей.

В процессе вычислений данные обычно представляют в виде таблицы сопряжённости, по сторонам которой (слева и сверху) располагают градации исследуемых показателей, а в ячейках проставляют числа данных, соответствующих каждому сочетанию градаций.

Решим 1 пример. Трубным заводом закуплены две технологические линии А и Б одного назначения. Через некоторое время при выборочном контроле качества готовых труб были обнаружены дефекты трёх видов: а, б и в. Количество дефектов каждого вида приведены в ячейках таблицы сопряжённости.

Таблица 1- Исходные данные

Линии фактор	Виды дефектов показатели качества			n_i
	а	б	в	
А	6	3	<u>9</u>	
Б	<u>11</u>	5	4	

По данным табл. 1 видно, что технологическая линия А склонна допускать брак «в», а линия Б – брак «а».

Достаточно ли существенно различие количества дефектов, чтобы можно было это утверждение принять с заданной вероятностью?

Решим 2 пример. Определить, существует ли связь между дефектами («а», «б», «в») и технологическими линиями (А, Б), выпускающими продукцию, в которой встречаются данные виды дефектов

Если можно утверждать, что брак «а» и брак «б» обусловлены каким-то одним недочётом технологической линии, то их можно объединить (табл. 2).

Таблица 2- Исходные данные

Линии	Виды дефектов			n_i
	a+б	б	в	
А	9		9	
Б	16		4	

По данным табл. 2 видно, что технологическая линия Б склонна допускать брак «а+б», а линия А – брак «в». Доказать, что технологическая линия Б склонна допускать брак «а+б», а линия А – брак «в».

Контрольные вопросы

1. Что называется шкалой наименований?
2. Для решения каких видов задач может быть использована шкала наименований?
3. Что является мерой статистической связи между влияющим фактором и показателями качества продукции?
4. По какой формуле рассчитывается критерий Пирсона?
5. Как находится ожидаемое число оценок в градациях шкал?
6. Как определяется критическое значение критерия Пирсона?
7. Чему равно число степеней свободы для парной связи?
8. Какие значения вероятности Р обычно используют при определении критического значения критерия Пирсона?
9. Какие значения вероятности Р рекомендуется использовать при определении критического значения критерия Пирсона в наиболее ответственных случаях?
10. О чём свидетельствует превышение вычисленного значения критерия Пирсона своего критического значения?
11. Что собой представляет таблица сопряжённости?
12. Приведите порядок заполнения таблицы сопряжённости?
13. Как рассчитываются ожидаемые значения оценок для каждой ячейки таблицы сопряжённости?
14. Опишите алгоритм проверки наличия статистической связи между влияющим фактором и тем или иным показателем качества.
15. Как определяется наличие статистической связи между влияющим фактором и сразу несколькими показателями качества?
16. Как влияет количество градаций анализируемых показателей на результат оценки статистической связи между этими показателями и влияющими факторами?
17. Приведите примеры факторов, оказывающих влияние на отдельные показатели качества бытовой техники в ходе производства.
18. Приведите примеры факторов, оказывающих влияние на совокупность показателей качества бытовой техники в ходе производства.
19. Приведите примеры факторов, оказывающих влияние на отдельные показатели качества текстильной продукции в ходе производства.

20. Приведите примеры факторов, оказывающих влияние на совокупность показателей качества текстильной продукции в ходе производства.

21. Назовите достоинства и недостатки метода использования критерия Пирсона для оценки статистической связи между влияющими факторами и показателями качества.

ТЕМА 3

ЗАДАЧИ ОБРАБОТКИ ДАННЫХ ПО ШКАЛАМ ПОРЯДКА

Цель: приобрести умения решать квалитетические задачи с использованием шкалы порядка.

Шкала порядка – это последовательный ряд значений, дающий систематизированное представление о простейших соотношениях величин сопоставляемых размеров свойств, признаков или качеств в целом оцениваемых объектов. При попарном сопоставлении всех измеряемых размеров устанавливаются, какой размер больше или меньше другого, что лучше или хуже другого.

Установленные соотношения размеров ранжируются в порядке возрастания или убывания (уменьшения) их величин. Полученный в результате ранжирования ряд значений является шкалой порядка возрастающей или убывающей последовательности. Критерии оценки: «одинаковы или нет», «больше или меньше», «что лучше, а что хуже».

Математическим выражением соотношений попарно сопоставляемых размеров является $Q_i =$ или \neq или $<$ $>$ Q_j .

Примером построения шкал порядка может быть такой.

Пусть имеется пять неизвестных по величине размеров: Q_1, Q_2, Q_3, Q_4, Q_5 .

При попарном сопоставлении определено, что:

- 1) $Q_1 < Q_2 < Q_3 < Q_4 < Q_5$ – шкала возрастающего порядка;
- 2) $Q_5 > Q_4 > Q_3 > Q_2 > Q_1$ – шкала убывающего порядка.

Порядковый номер местоположения Q в ряду порядка называется *рангом*.

С целью увеличения достоверности и объективности измерений методом ранжирования часто в шкалу порядка вводятся ранжированные реперные (опорные) точки, с помощью которых определяются ранг или также безразмерный балл измеряемой величины.

Недостатком измерений по шкалам порядка можно считать то, что получаемые результаты в виде ранжированного ряда наименее информативны. В частности, при таком измерении нет возможности определить, насколько один размер больше или меньше другого, лучше или хуже другого. Однако преимуществом измерений с использованием шкал порядка является то, что с их помощью инструментально не измеряемые величины все же можно оценить (измерить) количественно. Анализ шкалы порядка позволяет осуществлять некоторые логические выводы.

Например, если известно, что $Q_1 > Q_2$, а $Q_2 > Q_3$, то и $Q_1 > Q_3$.

Если отдельные градации показателя можно расположить в порядке нарастания выраженности показателя или же упорядочить в порядке развития некоторого процесса во времени, то такая совокупность градаций образует шкалу порядка.

Центральную тенденцию распределения оценок на шкале порядка характеризуют путём указания медианы *Me*-градации, слева и справа от которой находится менее 50% оценок.

Положение медианы внутри медианной градации может быть указано более точно:

$$Me = X_{л} + \frac{(0,5n_0 - \sum n_{л})(X_{п} - X_{л})}{n_{Me}}, \quad (1)$$

где $X_{л}$, $X_{п}$ – значения оцениваемого показателя на левой и правой границах медианной градации;

n_0 – общее количество оценок;

$\sum n_{л}$ – сумма количеств оценок во всех градациях слева от медианы;

n_{Me} – количество оценок в медианной градации.

Для характеристики рассеяния оценок по шкале порядка используют первый q_1 и третий q_3 квартилы – величины, отделяющие слева и с права от распределения части, в которых находятся по 25% всех оценок. Слева от q_1 и q_3 находятся, соответственно, 25 и 75% всех оценок.

$$q_1 = X_{л} + \frac{(0,5n_0 - \sum n_{л})(X_{п} - X_{л})}{n_1}, \quad (2)$$

$$q_3 = X_{л} + \frac{(0,7n_0 - \sum n_{л})(X_{п} - X_{л})}{n_3}, \quad (3)$$

где $\sum n_{л}$ – количество оценок во всех градациях, расположенных слева от соответствующей квартильной градации;

n_1 , n_3 – количество оценок в первой и третьей квартильных градациях, соответственно.

Если в пределах медианной и смежной с ней (правой или левой) градации находится не менее заданного процента оценок, то последние считаются согласованными. Задаются обычно согласованностью 66, 80, 90%.

Влияние некоторого фактора, одинаковым образом действующего на все объекты и на распределение оценок этих объектов в шкале, проявляется в сдвиге оценок к одному из концов шкалы, что приводит к сдвигу медианы. Но рассеяние при этом остаётся практически неизменным. Если фактор действует лишь на часть объектов или на разные объекты, то возрастет рассеяние, а положение медианы изменится незначительно.

Достоверность влияния некоторого фактора, проявившегося в одностороннем смещении оценок, можно проверить путём сравнения нового распределения (назовём его Б – после усовершенствования технологии, конструкции), полученного после воздействия фактора, с предыдущим (А первое испытание). Для этого сравнения выбирают 2 – 4 положения границы, разделяющей каждое из распределений на левую и правую часть, и рассчитывают значения показателя Пирсона

Этот же способ может быть применён для проверки достоверности сдвига медианы.

Исследование рассеяния. Как было сказано выше, рассеяние данных на шкале порядка характеризуют с помощью интерквартильного размаха:

$$R = q_3 - q_1. \quad (5)$$

Возрастание рассеяния говорит о возникновении какого-то фактора, который по-разному действует на различные объекты. В некоторых из них значение регистрируемого показателя возрастает, а в некоторых – убывает (или остаётся прежним, если фактор избирательно действует лишь на часть объектов).

Достоверность влияния, проявляющегося в изменении рассеяния, можно проверить, выбирая положение двух границ, разделяющих новое, полученное после влияния фактора распределение (назовём его «В») на три части, и вычисляя χ^2 формуле (4).

Для иллюстрации способов работы с оценками, полученными по шкале порядка, рассмотрим следующий пример [1].

Пример 1. При проведении стендовых испытаний приборов, предназначенных для работы в условиях вибрации, на устойчивость к сотрясениям их механизмы помещают на испытательный вибростенд и через определённые периоды воздействия подсчитывают количество прекративших работу устройств. Категорию приборов по виброустойчивости устанавливают, исходя из того времени воздействия, после которого сохраняют работоспособность 50% устройств (т.е. медианного времени). Поскольку экспериментально уловить этот момент не удаётся, его рассчитывают, пользуясь приведёнными формулами.

Было проверено на виброустойчивость 50 приборов новой серии. Подсчёт вышедших из строя устройств проводили через 1, 3, 6 и 12 ч, после чего испытания прекратили. Распределение полученных данных приведено в табл. 1, столбец А и проиллюстрировано с помощью рисунка.

Таблица 1 - Исходные данные для примера

Длительность вибрации, ч	Число механизмов, прекративших работу		
	до усовершенствований	после усовершенствований	
		конструктивных	технологических
	А	Б	В
1	15	10	15
3	12	17	9
6	10	13	5
12	9	12	8
Более 12	4	8	8

Определить время выхода половины всех механизмов после начала испытаний; после усовершенствования и доказать достоверность эффекта.

Контрольные вопросы

1. Дайте определение понятию «шкала порядка».
2. Для решения каких квалитметрических задач используется статистическая обработка данных, полученных по шкале порядка?

3. Какие параметры характеризуют центральную тенденцию распределения оценок по шкале порядка?
4. Как определяется положение медианы внутри медианной градации на шкале порядка?
5. Какие параметры характеризуют рассеяние оценок по шкале порядка?
6. Какие выражения используются для расчёта значений первого q_1 и третьего q_3 кварталов рассеяния по шкале порядка?
7. Что собой представляет второй квартал q_2 рассеяния по шкале порядка?
8. Что характеризует и как рассчитывается интерквартильный размах?
9. В каком случае оценки, заданные с использованием шкалы порядка, считаются согласованными?
10. Какие значения уровня согласованности оценок рекомендуется использовать в наиболее и наименее ответственных случаях?
11. О чём свидетельствует сдвиг медианной градации к одному из концов шкалы порядка?
12. О чём свидетельствует изменение рассеяния оценок по шкале порядка?
13. Как можно проверить достоверность влияния некоторого фактора на показатели качества, если оно проявляется в сдвиге медианной градации?
14. Приведите формулы для расчёта критерия Пирсона и числа ожидаемых оценок слева и справа от выбранной границы.
15. Как можно проверить достоверность влияния некоторого фактора на показатели качества, если оно проявляется в изменении рассеяния оценок?
16. Каким образом определяется критическое значение критерия Пирсона?
17. Какие значения может принимать вероятность P при определении критического значения критерия Пирсона?
18. Какой вывод можно сделать, если рассчитанное значение критерия Пирсона меньше своего критического значения?
19. Какой вывод можно сделать, если рассчитанное значение критерия Пирсона больше своего критического значения?
20. Как изменится вид диаграммы распределения оценок по шкале порядка в случае достоверного влияния некоторого фактора на все объекты?

ТЕМА 4

СТАТИСТИЧЕСКИЕ СВЯЗИ ПОКАЗАТЕЛЕЙ, ИЗМЕРЕННЫХ ПО ШКАЛАМ ПОРЯДКА. ДИАГРАММА СДВИГА

Цель : приобрести умения решать квалитетические задачи с использованием шкалы порядка и навыки построения диаграмм сдвига.

Многие полезные сведения может дать анализ статистических связей показателей, измеренных по шкалам порядка.

Для исследования статистической связи между показателями, измеренными в шкалах порядка, необходимо построить решётку сопряжённости этих показателей. В решётке сопряжённости по горизонтальной оси откладывают градации одного показателя – X , а по вертикальной градации другого – Y . В ячейках решётки сопряжённости помещают либо число объектов с данным сочетанием градаций X и Y , либо непосредственно их номера.

Например, подлежит исследованию связь показателя X – «длительность вибрации» с показателем Y – «сохранность внешнего вида» (градации: «хорошая», «удовлетворительная», «неудовлетворительная»).

Поскольку вибрация влияет на внешний вид всех объектов одинаковым образом, то наиболее плотно заполненные ячейки будут сконцентрированы вблизи главной диагонали решётки сопряжённости, т.е. будет иметь место корреляционная

Проверить достоверность наличия статистической связи (не только с корреляционной, но и любого другого типа) можно по критерию Пирсона χ^2 , по формуле:

$$\chi^2 = \sum_{i,j} \frac{(K_{ij} - o_{ij})^2}{o_{ij}}, \quad (1)$$

где e_{ij} – экспериментально наблюдаемое количество данных в ячейке ij ;
 o_{ij} – ожидаемое количество данных в этой ячейке.

Число степеней свободы f в этом случае рассчитывают по формуле

$$f = (k_1 - 1)(k_2 - 1), \quad (2)$$

где k_1 и k_2 – числа градаций показателей X и Y .

Построение решёток сопряжённости и их визуальная оценка – очень полезная операция. Можно, конечно, вычислить значение χ^2 непосредственно по числовым данным даже без построения решёток, но только визуальный анализ расположения групп объектов и даже отдельных объектов позволит извлечь максимум сведений о характере влияния.

Если один и тот же показатель зарегистрирован по группе объектов до и после некоторого воздействия на эти объекты, то для анализа его изменений используют «диаграмму сдвига».

На диаграмме сдвига по горизонтальной оси отложены оценки полученные объектами «до», а по вертикальной оси – «после» воздействия. Если оцен-

ка, полученная объектом, не изменилась, то точка, обозначающая объект, попадает в одну из диагональных ячеек. Если оценка изменилась в сторону возрастания, то точка попадает в ячейку выше диагонали, в противном случае – ниже диагонали. Для того чтобы наглядно видеть, какой именно объект получил те или иные оценки, удобно вместо точек использовать номера объекта.

Таким образом, расположение номеров объектов на диаграмме сдвига позволяет обнаружить группы объектов, оценки которых изменились в желаемом или же нежелаемом направлении и обнаружить объекты, оценки которых изменились аномально – вне типичных групп.

Решим пример. При оценивании качества технических вод, сбрасываемых предприятиями после использования, определяют величину превышения в этих водах предельно допустимых концентраций (ПДК) загрязняющих веществ. Очищенной считается вода, в которой концентрация загрязняющих веществ не превышает ПДК. Санитарно-эпидемиологической станцией (СЭС) была проведена контрольная проверка состояния сбросных вод на 50 предприятиях одного региона, после чего неблагополучным в этом отношении предприятиям указано на необходимость улучшить очистку. Через некоторое время был проведён повторный контроль. Таким образом, каждое предприятие получало две оценки по качеству очистки, которые и определяли положение его номера на диаграмме сдвига табл. 2. Числа в ячейках обозначают номера обследованных предприятий. Жирными линиями выделены диагональные ячейки, в которые попали номера предприятий, не принявших мер по повышению качества очистки.

Как можно видеть из табл. 2, предприятия по-разному отреагировали на указания СЭС. Большинство предприятий, ранее неблагополучных, приняли эффективные меры по очистке сбросных вод и вошли в пределы гигиенических нормативов (не превышающих ПДК (-1)).

Таблица 2 - Диаграмма сдвига распределения оценок качества сбросных вод 50 предприятий между двумя контрольными проверками

ПДК «после»					
Более 20	18		37		50
-20					
-10		24	30,29	38,39	
-5	16,17	19,20,21	31,32	40,41,42	
-1	1,2,3,4,5,6,7,8,9 10,11,12,13,14,15	22,23	33,34,35,36	24,25,26, 27,43,44,45,46	
	-1	-5	-10	-20	Более 20
					ПДК «до»

Оговорим выводы.

Достоверность положительного эффекта указаний СЭС, а именно преимущественного сдвига оценки загрязнённости в определённую сторону (в данном примере в сторону улучшения) можно проверить по критерию χ^2 , рассчитываемому по формуле (1), причём в качестве e_{ij} – экспериментально на-

блюдаемое количество данных в ячейке ij следует использовать числа объектов выше и ниже диагонали (m_B, m_H), а «ожидаемые» числа получают в предположении равновероятности изменения уровня загрязнения в сторону повышения и понижения.

В примере с предприятиями эта проверка, конечно, не даст существенно новой информации – эффект виден и без χ^2 . Но если бы результаты были менее очевидны, то применение критерия стало бы необходимым.

Следует подчеркнуть, что применение критерия χ^2 не является чисто формальной операцией. Способ его использования должен опираться на содержательные представления о той гипотезе, которая подлежит проверке.

В данном случае это была гипотеза о наличии положительного эффекта, выражающегося в концентрации данных в правом нижнем углу. В других случаях может потребоваться доказательство преимущественной концентрации оценок в диагональных ячейках и т.д.

Таким образом, диаграмма сдвига позволяет подробно исследовать характер изменений показателей качества, не только выявляя типичные группы изменений, но и обнаруживая индивидуальные изменения показателей в каждом отдельном объекте.

Контрольные вопросы

1. Дайте определение понятию «шкала порядка».
2. Какие задачи позволяет решить анализ статистических связей показателей, измеренных по шкалам порядка?
3. Дайте определение понятию «решётка сопряжённости».
4. Опишите алгоритм действий при построении решётки сопряжённости.
5. Как проверить наличие корреляционной связи между различными параметрами, используя решётку сопряжённости?
6. С какой целью используют критерий Пирсона и по какой формуле его рассчитывают?
7. Как рассчитывается ожидаемое количество данных в ячейках решётки сопряжённости?
8. Как определяется критическое значение критерия Пирсона?
9. Чему равно число степеней свободы при определении критического значения критерия Пирсона?
10. С какой целью используется решётка сопряжённости?
11. Приведите примеры задач, для решения которых может быть использована решётка сопряжённости.
12. Дайте определение понятию «диаграмма сдвига».
13. Приведите порядок действий при построении диаграммы сдвига.
14. С какой целью используются диаграммы сдвига?
15. Как проверить наличие корреляционной связи между различными параметрами, используя диаграмму сдвига?

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА 5

ВЫБОР ОСНОВНЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ, ХАРАКТЕРИЗУЮЩИХ НАДЁЖНОСТЬ ИЗДЕЛИЙ

Цель работы: изучить основные показатели, характеризующие надёжность изделий.

Надёжность — один из показателей качества технического изделия (объекта); свойство объекта сохранять во времени в установленных пределах все параметры, характеризующие его способность выполнять требуемые функции в заданных режимах и условиях применения, технического обслуживания, хранения и транспортировки. Надёжность является единственным показателем качества, учитывающим изменчивость свойств объекта, обусловленную разбросом характеристик исходных материалов и отклонениями в технологии изготовления, а также разброс характеристик внешних нагрузок, действующих на объект, и накопление изменений, происходящих в объекте в процессе эксплуатации (старение, износ и т. п.). Надёжность формируется при проектировании и расчете, обеспечивается при изготовлении (производстве), реализуется и поддерживается в эксплуатации. Она зависит: от конструкции объекта и его элементов, применяемых материалов, методов защиты от вредных воздействий, системы смазки, приспособленности к ремонту и обслуживанию и др. конструктивных особенностей; от качества материалов, качества изготовления элементов и сборки объекта, методов контроля над процессом изготовления, возможностей управления технологическими процессами, методов испытаний и т. п.; от методов и условий эксплуатации, принятой системы технического обслуживания и ремонта, режимов работы и других эксплуатационных факторов. Надёжность является комплексным показателем качества и в зависимости от особенностей объекта и условий его эксплуатации, технического обслуживания и ремонта, хранения и транспортировки может включать безотказность, долговечность, сохраняемость и ремонтпригодность.

В соответствии с ГОСТ 27.002-89 "Надёжность в технике. Основные понятия. Термины и определения" надёжность трактуется как свойство объекта сохранять во времени в установленных пределах значения всех параметров, характеризующих способность выполнять требуемые функции в заданных режимах и условиях применения, технического обслуживания, ремонта, хранения и транспортирования. Как видно из определения, надёжность является комплексным свойством, которое в зависимости от назначения объекта и условий его пребывания может включать безотказность, долговечность, ремонтпригодность и сохраняемость или определенное сочетание этих свойств.

Безотказность - свойство объекта непрерывно сохранять работоспособное состояние в течение некоторого времени или наработки.

Долговечность - свойство объекта сохранять работоспособное состояние при установленной системе технического обслуживания и ремонта.

Ремонтопригодность - свойство объекта, заключающееся в приспособленности к поддержанию и восстановлению работоспособного состояния путем технического обслуживания и ремонта.

Сохраняемость - свойство объекта сохранять в заданных пределах значения параметров, характеризующих способность объекта выполнять требуемые функции, в течение и после хранения и (или) транспортирования.

Указанные важнейшие свойства надежности характеризуют определенные технические состояния объекта. Различают пять основных видов технического состояния объектов.

Исправное состояние. Состояние объекта, при котором он соответствует всем требованиям нормативно-технической и (или) конструкторской (проектной) документации.

Неисправное состояние. Состояние объекта, при котором он не соответствует хотя бы одному из требований нормативно-технической и (или) конструкторской (проектной) документации.

Работоспособное состояние. Состояние объекта, при котором значения всех параметров, характеризующих способность выполнять заданные функции, соответствуют требованиям нормативно-технической и (или) конструкторской (проектной) документации.

Неработоспособное состояние. Состояние объекта, при котором значения хотя бы одного параметра, характеризующего способность выполнять заданные функции, не соответствуют требованиям нормативно-технической и (или) конструкторской (проектной) документации.

Предельное состояние. Состояние объекта, при котором его дальнейшая эксплуатация недопустима или нецелесообразна, либо восстановление его работоспособного состояния невозможно или нецелесообразно.

Переход объекта (изделия) из одного вышестоящего технического состояния в нижестоящее обычно происходит вследствие событий: повреждений или отказов. Совокупность фактических состояний объекта, к примеру, электроустановки, и возникающих событий, способствующих переходу в новое состояние, охватывает так называемый жизненный цикл объекта, который протекает во времени и имеет определенные закономерности, изучаемые в теории надежности.

Согласно ГОСТ 27.002-89 отказ - это событие, заключающееся в нарушении работоспособного состояния объекта.

Повреждение - событие, заключающееся в нарушении исправного состояния объекта при сохранении работоспособного состояния.

Переход объекта из исправного состояния в неисправное не связан с отказом.

В ГОСТ 15467-79 введено еще одно понятие, отражающее состояние объекта - дефект. Дефектом называется каждое отдельное несоответствие объекта установленным нормам или требованиям. Дефект отражает состояние отличное от отказа. В соответствии с определением отказа, как события, заключающегося в нарушении работоспособности, предполагается, что до появления отказа объект был работоспособен. Отказ может быть следствием развития неустранен-

ных повреждений или наличия дефектов: царапин; потертости изоляции; небольших деформаций.

В теории надежности, как правило, предполагается внезапный отказ, который характеризуется скачкообразным изменением значений одного или нескольких параметров объекта. На практике приходится анализировать и другие отказы, к примеру, ресурсный отказ, в результате которого объект приобретает предельное состояние, или эксплуатационный отказ, возникающий по причине, связанной с нарушением установленных правил или условий эксплуатации.

При расчетах и анализе надежности широко используются термины "элемент" и "система". Под элементом понимается часть сложного объекта, которая имеет самостоятельную характеристику надежности, используемую при расчетах и выполняющую определенную частную функцию в интересах сложного объекта, который по отношению к элементу представляет собой систему.

Например, изолятор в гирлянде изоляторов выполняет роль элемента, а гирлянда изоляторов - это система. На трансформаторной подстанции выключатели, отделители, разъединители, силовые трансформаторы и т.п. являются элементами, а сама подстанция является системой. Из приведенных примеров видно, что в зависимости от уровня решаемой задачи и степени объединения анализируемых аппаратов и устройств определенный объект может в одном случае быть системой, а в другом - элементом. Так при анализе надежности трансформатора его можно "разложить" на множество элементов: обмотки высокого и низшего напряжения, высоковольтные и низковольтные вводы, магнитопровод, бак трансформатора и т.д. С другой стороны, для трансформаторной подстанции трансформатор удобнее представить как элемент, у которого есть свои характеристики надежности, нормативно-техническая документация, требования к эксплуатации.

Показатели безотказности характеризуют свойство объекта непрерывно сохранять работоспособность в течение некоторого времени или некоторой наработки. К ним относятся: вероятность безотказной работы $P(t)$; интенсивность отказов $\lambda(t)$; параметр потока отказов $\varphi(t)$; средняя наработка до первого отказа $T_{ср}$; наработка на отказ T ; условная средняя наработка до первого отказа $T_{ср}^*$.

Вероятностью безотказной работы называется вероятность того, что в пределах определённого времени t или объема работы изделия не произойдет отказа. Она определяется выражением

$$P(t) = \frac{N(t)}{b_0}, \quad (1)$$

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

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

$$\lambda(t) = \frac{\Delta n}{N(t)\Delta t}, \quad (2)$$

где $N(t)$ – количество исправных изделий в конце промежутка времени;

Δt – промежуток времени, следующий после t , на котором определяется λ .

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

$$T_{cp} = \frac{\sum_{i=1}^n L_i}{n}, \quad (3)$$

где n – число изделий в партии.

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

$$\varphi(t) = \frac{\Delta n}{N_0}, \quad (4)$$

где N_0 – количество изделий, работавших в промежутке времени;

Δn – количество отказов.

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

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

$$T = \frac{\sum_{i=1}^n T_{cp}^i}{n}, \quad (5)$$

где T_{cp}^i – среднее значение наработки на отказ i -го изделия;

n – число изделий в исследуемой партии.

Значение T_{cp}^i определяется по формуле

$$T_{cp}^i = \frac{\sum_{j=1}^m T_{ij}}{n}, \quad (6)$$

где T_{ij} – среднее время работы i -го изделия между j -м и $(j + 1)$ -м отказами.

Выбор показателей надёжности является одним из важных вопросов при формировании показателей качества продукции.

При выборе показателей надёжности технических изделий необходимо воспользоваться классификацией технических устройств по различным признакам, приведённой в табл. 1.

Все технические устройства принято классифицировать по конструктивному признаку: продолжительности эксплуатации, временному режиму использования по назначению, доминирующим факторам при оценке последствий отказа.

Таблица 1- Классификация технических устройств

Конструктивные особенности изделия	1. Неремонтируемые	Продолжительность эксплуатации	<ol style="list-style-type: none"> 1. До отказа изделия 2. До отказа до предельного состояния 3. До окончания выполнения им требуемой функции
		Режим использования по назначению	<ol style="list-style-type: none"> 1. Непрерывный 2. Прерывисто-регулярный 3. Прерывисто случайный
		Доминирующий фактор при оценке последствий отказа	<ol style="list-style-type: none"> 1. Отказ 2. Выполнение или невыполнение изделием заданных функций в заданном объёме
	2. Ремонтируемые	Продолжительность эксплуатации	<ol style="list-style-type: none"> 1. До первого отказа 2. До первого отказа или до предельного состояния 3. До первого отказа или до окончания выполнения требуемых функций 4. До предельного состояния 5. До предельного состояния в режиме ожидания или до окончания выполнения требуемых функций в режиме работы
		Режим использования по назначению	<ol style="list-style-type: none"> 1. Непрерывный 2. Прерывисто-регулярный 3. Прерывисто-случайный
		Доминирующий фактор при оценке последствий отказа	<ol style="list-style-type: none"> 1. Отказ независимо от длительности простоя 2. Выполнение или невыполнение изделием заданных функций в заданном объёме 3. Вынужденный простой 4. Отказ и вынужденный отказ

Таким образом, для любого технического изделия можно получить соответствующий ему классификационный шифр, состоящий из четырёхзначного числа.

Реальным условиям эксплуатации изделия в соответствии с особенностями конструкции изделий соответствует 31 классификационный шифр изделий, представленных в табл. 2. В ней все они разбиты на 10 вариантов, каждому из которых соответствуют свои основные показатели, определяющие надёжность данных изделий.

Используя классификацию, можно определить шифр данного изделия и по полученному шифру выбрать основные показатели надёжности.

Таблица 3- Классификационные шифры изделий

№ группы	Классификационный шифр группы изделия	Основные показатели надёжности
1	1111 1121 1131 2111 2121 2131	T_{CP}^i – средняя наработка до первого отказа
2	1211 1221 1231 2211 2221 2231	T_{CP}^* – условная средняя наработка до первого отказа; $T_{\text{д}}$ – ресурс или $T_{\text{сл}}$ – срок службы
3	1222 2222	$P(t_p)$ – вероятность безотказной работы за t_p ; $T_{\text{д}}$ или $T_{\text{сл}}$
4	1312 2312	$P(t_p)$ – вероятность безотказной работы за t_p ; $T_{\text{д}}$ или $T_{\text{сл}}$
5	2411 2421 2431	$\varphi(t)$ – среднее значение параметров отказов или T – наработка на отказ; $T_{\text{д}}$ или $T_{\text{сл}}$
6	2413	$K_{\text{т.и}}$ – коэффициент технического использования; $T_{\text{д}}$ или $T_{\text{сл}}$
7	2423 2433	$K_{\text{г}}$ – коэффициент готовности; $T_{\text{д}}$ или $T_{\text{сл}}$
8	2414	$K_{\text{т.и}}$ и $\varphi(t)$ или T ; $T_{\text{д}}$ или $T_{\text{сл}}$
9	2424	$K_{\text{г}}$ и $\varphi(t)$ или T ; $T_{\text{д}}$ или $T_{\text{сл}}$
10	2415 2425 2435 2515 2525 2535	$K_{\text{о.г}}$ – коэффициент оперативной готовности; $T_{\text{д}}$ или $T_{\text{сл}}$

Контрольные вопросы

1. Дайте определение термину «надёжность».
2. Из каких элементов состоит комплексный показатель надёжности?
3. Что называется вероятностью безотказной работы?
4. Что называется интенсивностью отказов?
5. Что называется средней наработкой до первого отказа?
6. Что такое параметр потока отказов?
7. Что называется наработкой на отказ?

8. Какие из вышеперечисленных показателей применяются для ремонтируемых изделий, а также для неремонтируемых?
9. Какие показатели, характеризуют долговечность?
10. Какие показатели, характеризуют сохраняемость и ремонтпригодность?
11. По каким признакам принято классифицировать технические устройства?
12. Что обозначает каждая из цифр в классификационном шифре технических изделий?
13. С какой целью используются классификационные шифры изделий?
14. На сколько групп разделяются классификационные шифры в зависимости от их основных показателей надёжности?
15. На какие подгруппы делятся неремонтируемые технические изделия в зависимости от их продолжительности эксплуатации?
16. На какие подгруппы делятся неремонтируемые технические изделия в зависимости от их режима использования по назначению?
17. На какие подгруппы делятся неремонтируемые технические изделия в зависимости от их доминирующего фактора при оценке последствий отказа?
18. На какие подгруппы делятся ремонтируемые технические изделия в зависимости от их продолжительности эксплуатации?
19. На какие подгруппы делятся ремонтируемые технические изделия в зависимости от их режима использования по назначению?
20. На какие подгруппы делятся ремонтируемые технические изделия в зависимости от их доминирующего фактора при оценке последствий отказа?
21. Можно ли использовать систему классификационных шифров для оценки надёжности нетехнической продукции?

ТЕМА 6

ОЦЕНКА УРОВНЯ КАЧЕСТВА РАЗНОРОДНОЙ ПРОДУКЦИИ. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ИНДЕКСОВ КАЧЕСТВА ПРОДУКЦИИ

1. Понятие разнородной продукции
2. Индекс качества продукции
3. Индекс дефектности

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

1 ПОНЯТИЕ РАЗНОРОДНОЙ ПРОДУКЦИИ

Под разнородной продукцией понимают совокупность изделий, предназначенных для достижения единой производственной цели. Это могут быть разнообразие технологические машины, составляющие технологический комплекс или систему машин производственного процесса. Кроме того, если предприятие выпускает несколько типов изделий, то оно создает разнородную продукцию.

Для комплексной оценки уровня качества совокупности видов продукции (разнородной продукции) применяют индексы качества продукции. Индексом качества продукции называется комплексный показатель качества разнородной продукции, равный среднему взвешенному значению относительных показателей качества различных видов оцениваемой и базовой продукции за рассматриваемый период.

2 ИНДЕКС КАЧЕСТВА ПРОДУКЦИИ

Индексы качества продукции целесообразно применять:

- при оценке уровня качества разнородной продукции, выпускаемой одним предприятием;
- при оценке уровня качества продукции, выпускаемой несколькими предприятиями, объединениями и отраслями;
- при оценке качества уровня продукции, выпускаемой районом, областью, республикой;
- при анализе динамики качества разнородной продукции за несколько лет;
- при сравнении работы предприятий, объединений и отраслей по выполнению планов повышения уровня качества продукции;
- при подведении итогов соревнования и выборе мер стимулирования с учётом качества выпускаемой продукции;
- при обработке информации о качестве продукции в автоматизированных управлениях.

Основным показателем, применяемым при комплексной оценке уровня качества разнородной продукции, является относительный средний взвешенный арифметический индекс качества – I_{KU} :

$$I_{KU} = \frac{U_{оц}}{U_{баз}} = \frac{\sum_{n=1}^S \beta_n K_{оц}}{\sum_{k=1}^M \beta_k K_{баз}},$$

где s и m – число различных видов оцениваемой и базовой продукции;
 β_n и β_k – коэффициенты весомости n -го оцениваемого и k -го базового вида продукции;

$K_{оц}$ и $K_{баз}$ – комплексные показатели совокупностей свойств соответствующих образцов оцениваемой и базовой продукции.

Коэффициенты весомости определяют по формулам:

$$\beta_n = C_n / \sum_{n=1}^S C_n ; \quad \beta_k = C_k / \sum_{k=1}^M C_k ,$$

где C_n и C_k – стоимости отдельных образцов продукции n -го и k -го видов сходной, но разнородной продукции.

Другим показателем качества, также применяемым при комплексной оценке уровня качества производимой разнородной продукции, является средний взвешенный геометрический индекс качества I_{KV} , определяемый по формуле:

$$I_{KV} = \prod_{n=1}^N (K'_n)^{a_n} ,$$

где K'_n – относительный показатель качества n -го вида продукции, определяемый дифференциальным методом, т.е.

$$K'_n = \frac{P_n}{P_{нбаз}} ; (n=1, \dots, N) ,$$

где P_n – главный единичный или комплексный показатель качества n -го вида продукции;

$P_{нбаз}$ – базовый показатель качества n -го вида продукции;

N – число производимых видов продукции;

a_n – относительный объем продукции n -го вида, т.е. коэффициент весомости.

Коэффициент весомости a_n определяют так:

$$\alpha_n = C_n \div \sum_{n=1}^N C_n , \quad \sum_{n=1}^N \alpha_n = 1 , \quad \alpha_n \geq 0 ,$$

где C_n – планируемый или реальный объем выпуска продукции n -го вида в денежном выражении (в отпускных, оптовых ценах).

Для штучной продукции:

$$C_n = \xi_n S_n ; \quad \sum_{n=1}^N C_n = \sum_{n=1}^N \xi_n Ц_n ,$$

где ξ_n – количество изделий n -го вида продукции;
 $Ц_n$ – отпускная цена n -го вида продукции.

В тех случаях, когда на предприятии выпускается продукция нескольких сортов, то за относительный показатель качества продукции ($Kп$) принимается коэффициент сортности ($Kс$), определяемый как отношение фактической стоимости продукции в оптовых ценах к условной стоимости, т.е. к стоимости при условии, что вся продукция будет выпущена высшим сортом.

Для упрощения расчетов вместо среднего взвешенного геометрического индекса можно применять средний взвешенный арифметический индекс качества, но только тогда, когда усредняемые исходные относительные показатели качества сравнительно мало отличаются друг от друга.

3 ИНДЕКС ДЕФЕКТНОСТИ

Индекс дефектности Ид – это комплексный показатель разнородной продукции, который может быть использован для оценки уровня качества изготовления продукции, выпущенной за рассматриваемый интервал времени. Он равен среднему взвешенному коэффициентов дефектности оцениваемой продукции:

$$Ид = \sum_{n=1}^N a_n \sqrt{R_d} ,$$

где R_d – коэффициент дефектности продукции n -го вида, являющийся показателем качества изготовления данной продукции;

N – число видов оцениваемой разнородной продукции;

a_n – коэффициент весомости данного вида продукции.

Например, приведена классификация дефектов при заключительной проверке производства автомобилей и испытаний их в дорожных условиях.

1. Критические дефекты (ноль дефектов на 100 машин): топливные течи; течи в системе охлаждения; течи в системе смазки; утечка тормозной жидкости; снижение уровня охлаждающей жидкости; не работает ножной тормоз; тугое или разболтанное рулевое управление и т.п.

2. Значительные дефекты (15 дефектов на 100 машин): сцепление пробуксовывает, включается рывками; неисправность датчика давления; неисправность датчика температуры; перегрев всех частей трансмиссии; не работает вся система освещения; стеклоочистители не работают и т.п.

3. Малозначительные дефекты (150 дефектов на 100 машин): необычный шум в двигателе; выход из строя свечей зажигания; не работает звуковой сигнал и т.п.

4. Низкозначительные дефекты (400 дефектов на 100 машин): дефекты металлических листов покрытия; дефекты покраски; дефекты отделки; подъемные скобы плохо установлены и т.п.

Коэффициент дефектности определяют при выборочном (или полном) инспекционном контроле готовой продукции.

Он является характеристикой средних потерь, вызванных дефектами, происходящих на единицу определенного вида продукции, и равен:

$$R_d = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^m \phi_i S_i,$$

здесь n – число проверенных экземпляров продукции (объем выборки);
 m – число всех видов дефектов, встречающихся в данной продукции при выборке;

S_i – количество дефектов i -го вида;

j_i – коэффициент весомости i -го вида дефектов (в долях затрат или баллах).

При серийном производстве учетные данные технического контроля для n единиц проверенной продукции за определенный промежуток времени группируются по одноименным видам и для группы подсчитывается их число S_i . Коэффициенты весомости дефектов определяются стоимостным (или балльным) способом.

Контрольные вопросы

1. Дайте определение понятию «индекс качества».
2. В каких случаях используется индекс качества разнородной продукции?
3. Может ли использоваться индекс качества для разнородной продукции, выпущенной разными предприятиями внутри одной отрасли?
4. Может ли использоваться индекс качества для разнородной продукции, выпущенной предприятиями различных отраслей?
5. Может ли использоваться индекс качества для разнородной продукции, выпущенной как отечественными, так и иностранными предприятиями?
6. Приведите примеры показателей качества разнородной продукции, которые могут быть использованы в качестве «главных» при расчёте индекса качества.
7. Как вычисляется индекс качества разнородной продукции?
8. Как вычисляются индексы качества продукции для разных периодов (базисного и отчётного)?
9. Как вычисляются индексы качества продукции для разных организационных уровней?
10. Какой показатель используется в роли индекса качества для продукции, имеющей сортность?
11. Как рассчитывается коэффициент сортности?

ТЕМА 7

КАЧЕСТВО И КОНКУРЕНТОСПОСОБНОСТЬ ИЗДЕЛИЙ

1. Конкурентоспособность технической продукции
2. Оценка качества по экономической эффективности

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

1 КОНКУРЕНТОСПОСОБНОСТЬ ТЕХНИЧЕСКОЙ ПРОДУКЦИИ

Конкурентоспособность технической продукции – это интегральное понятие, отражающее способность изделий удовлетворять требованиям потребителей при их приобретении. В основе конкурентоспособности продукции лежит её качество, её совершенство. Конкурентоспособность продукции оценивается безотносительно к условиям конкретного рынка сбыта и сферы сервисного обслуживания.

Конкурентоспособность продукции определяется в основном совокупностью показателей качества, совершенством, уровнем качества, а для технических изделий – техническим уровнем.

Конкурентоспособность товара – это характеристика соответствия продаваемой продукции требованиям данного рынка в данный период времени. Следовательно, конкурентоспособность оценивается по-разному.

Конкурентоспособность продукции, оцениваемая по показателю её технического уровня, определяется соответствием продукции современным требованиям потребителей при достигнутом уровне социально-экономического развития общества и его научно-технического прогресса.

Конкурентоспособность, оцененная по показателям качества продукции, не является постоянной, а зависит от темпов научно-технического прогресса у ведущих мировых производителей такой же продукции.

Конкурентоспособность товара, т.е. продаваемой продукции, определяемая по коммерческим показателям, зависит от конъюнктуры конкретного рынка. Эту конкурентоспособность оценивают по таким основным показателям, как: уровень цены, сроки поставки, условия платежа, уровень таможенных пошлин, налоги и сборы (связанные с приобретением товара), степень ответственности производителей и продавцов за выполнение обязательств и гарантий. Конкурентоспособность товара возможна только при условии удовлетворительной конкурентоспособности товарной продукции по её качеству. У некачественной продукции нет товарной конкурентоспособности на рынке продаж, даже если она дешёвая и условия платежа приемлемы и т.д. Основа конкурентоспособности товара – в его качестве.

Каждый производитель продукции для обеспечения её конкурентоспособности должен рассчитать цену потребления, сравнить её с ценой потре-

ния других производителей-конкурентов и добиться её максимального снижения при сохранении технических и нормативных параметров продукции.

Полная цена потребления, особенно для технических изделий – один из главных показателей для оценки их конкурентоспособности.

Общая методология оценки конкурентоспособности продукции состоит в сопоставлении численных значений показателей уровня качества (технического уровня) или основных обобщённых показателей, а также стоимостных показателей изделий оцениваемого товара и базового (базовых) образца (образцов).

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

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

$$Y_{к.с} = \frac{Q_{ин.оц}}{Q_{ин.баз}} \quad (1)$$

где $Q_{ин.оц}$ и $Q_{ин.баз}$ – интегральные показатели качества оцениваемого и базового образцов.

где n – количество дней работы образца в году;

t – срок эксплуатации образца, лет;

q – время простоев, %.

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

$$\frac{S_{баз}}{S_{оц}} = \frac{S_{с.баз}}{S_{с.оц}} + \frac{S_{э.баз}}{S_{э.оц}} \quad (2)$$

где $S_{с.баз}$ и $S_{с.оц}$ – единовременные стоимостные затраты на приобретение базового и оцениваемого образцов;

$S_{э.баз}$ и $S_{э.оц}$ – средние суммарные эксплуатационные затраты базового и оцениваемого образцов за год.

2 ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ПО ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ

Экономический эффект – конкретный результат экономической деятельности вне зависимости от затрат.

Экономическая эффективность – это результат экономической деятельности, экономических программ и мероприятий, характеризуемый отношением полученного экономического эффекта, к затратам факторов, ресурсов, обусловившим получение этого результата, достижение наибольшего объема производства с применением ресурсов определенной стоимости.

Эффективность определяется с помощью различных показателей, при этом сопоставляются данные, выражающие эффект (прибыль, объем производства, экономия от снижения издержек) с затратами обеспечивающими этот эффект (капитальные вложения, текущие издержки). При решении экономических задач определяется результативность каждого предприятия и производится сопоставление различных результатов.

Известно, что эффективность продукции является одной из важнейших обобщенных характеристик ее качества. Чем больше экономическая эффективность использования оцениваемой продукции, тем качественнее она в сравнении с другой аналогичной продукцией.

В самом общем и простейшем случае экономический эффект \mathcal{E} равен разности между результатом экономической деятельности P и суммарными затратами Z на его получение, т.е.

$$\mathcal{E} = P - Z. \quad (4)$$

Иначе говоря, экономический эффект в виде прибыли Π состоит из дохода D за вычетом затрат Z .

Экономический эффект для производителя продукции определяется:

$$\Pi_n = C_{opt} * \tilde{V} - Z_n, \quad (5)$$

где C_{opt} – оптовая цена продукции;

\tilde{V} – количество (объем) реализованной продукции;

Z_n – затраты на производство продукции.

Экономический эффект для потребителя продукции находят:

$$\Pi_{\mathcal{E}} = C * \tilde{N} - C_n = C * \tilde{N} (C_{np} - Z_{\mathcal{E}}), \quad (6)$$

здесь C – цена (стоимость) единицы полезного эффекта от эксплуатации (использования) продукции;

\tilde{N} – количество изготовленной продукции или выполненной работы;

C_n – цена потребления, равная сумме цены продажи (покупки)

C_{np} и эксплуатационных затрат $Z_{\mathcal{E}}$.

Суммарная прибыль или суммарный экономический эффект в денежном выражении равен:

$$\Pi = \Pi_n + \Pi_{\mathcal{E}}. \quad (7)$$

Уровень качества оцениваемой продукции $U_{к.э}$ по экономической эффективности вычисляется по простой формуле:

$$U_{к.э} = \Pi / \Pi_{баз}. \quad (8)$$

где Π – экономический эффект или суммарная прибыль от оцениваемой продукции;

$\Pi_{баз}$ – то же от базовой продукции.

С другой стороны, интегральный показатель качества продукции и соответствующий показатель уровня качества, будучи технико-экономическими, могут быть преобразованы в экономические показатели, если известна стоимость продукции и цена ее полезности.

В таком случае интегральный экономический показатель производства качественной продукции можно вычислить по формуле:

$$\mathcal{E}_{\text{инт.п}} = \frac{Ц \cdot V}{З_n}, \quad (9)$$

а аналогичный показатель, интегрально характеризующий качество в сфере эксплуатации (потребления), – по следующей формуле:

$$\mathcal{E}_{\text{инт.э}} = \frac{Ц \cdot N}{Ц_{\text{пр}} \cdot V + З_э}. \quad (10)$$

Учет затрат при определении экономической оценки качества продукции осуществляют в отношении всех основных стадий жизненного цикла продукции.

Отметим, что в затраты на производство продукции Z входят расходы на прикладные НИР, на проектирование и конструирование и т.п. В эксплуатационные затраты включают прямые и сопутствующие расходы, например, на соблюдение требований безопасности и экологичности продукции, а также, при необходимости, учитывают расходы на уничтожение или утилизацию продукции.

Обобщенную экономическую оценку качества продукции, особенно через денежную единицу измерения, получить достаточно сложно, так как для этого требуется большое количество сведений обычно не учитываемых и поэтому неизвестных. Однако такой подход к оценке качества продукции имеется и используется там, где это возможно осуществить.

Контрольные вопросы

1. Дайте определение понятию «конкурентоспособность».
2. Назовите критерии, по которым может быть оценена конкурентоспособность продукции.
3. Чем определяется показатель конкурентоспособности, оцениваемой по показателю её технического уровня?
4. Чем определяется показатель конкурентоспособности, оцениваемой по показателям качества продукции?
5. Чем определяется показатель конкурентоспособности, оцениваемой по коммерческим показателям?
6. Какие действия требуются от производителя для обеспечения

ТЕМА 8

ПОСТРОЕНИЕ ДИАГРАММЫ ИСИКАВЫ

Цель : 1.Изучение метода выявления и анализа причин возникновения несоответствующих результатов процессов.

2.Приобретение навыков построения и анализа причинно-следственной диаграммы Исикавы.

Причинно-следственная диаграмма (диаграмма Исикавы, «рыбий скелет» - это инструмент, позволяющий выявить все возможные факторы (причины), влияющие на конечный результат (следствие) (для улучшения качества). Впервые она была использована в 1943 г. К. Исикавой и получила большую популярность благодаря своему структурному подходу к решению проблемы.

На диаграмму Исикавы по направлению влево наносят основные «кости» (категории), которые имеют отношение к рассматриваемой проблеме. Для начала команда экспертов может рассмотреть общие категории. Все возможные причины обычно распределяют по категориям по принципу «4М...6М» (рис. 1):

Процесс изготовления продукции, влияющий на ее качество, можно рассматривать как структуру «4М...6М», включающий факторы, зависящие от (рис. 1):

Man (Человек) – причины, связанные с человеческим фактором;

Machines (Машины, оборудование) – причины, связанные с оборудованием;

Materials (Материалы) – причины, связанные с материалами;

Methods (Методы, технология) – причины, связанные с технологией работы, с организацией процессов;

Measurements (Измерения) – причины, связанные с методами измерения.

Media (Среда) – температура, влажность воздуха, электрические и магнитные поля и т.д.

Могут быть и другие структуры факторов, более точно характеризующие конкретный объект анализа.

Зависимость между процессом (структура причинных факторов 5М) и качеством (результат этих причинных факторов), можно выразить графически

Изучаемая проблема на диаграмме – это «голова рыбьей кости».

«Хребет» на диаграмме условно изображается в виде прямой горизонтальной стрелки. Факторы (условия), прямо и косвенно влияющие на проблему, изображаются наклонными стрелками – это «кости». Причины, влияющие на эти факторы (причины второго и последующих порядков) - короткими стрелками.

Фактор с причинами, который, по мнению экспертной команды, является основной, – будет ближе к «голове рыбы».

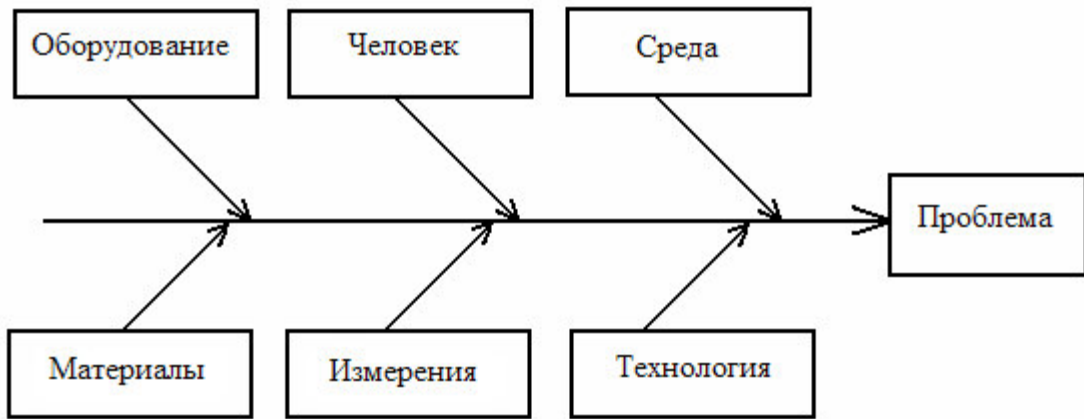


Рисунок 1 - Диаграмма Исикавы с основными категориями причин причины, а у тех, в свою очередь, добавляются свои подпричины. Продолжая таким образом, мы получаем разветвленное дерево, связывающее причины возникновения несоответствия, находящиеся на разном уровне детализации. Таким образом, можно добраться до первичных причин, устранение которых наиболее сильно повлияет на устранение всего несоответствия.

При построении диаграммы Исикавы (рис. 2) рекомендуется придерживаться следующего алгоритма:

Шаг 1. Выберите показатель качества для улучшения (анализа). Запишите его в середине правого края чистого листа бумаги. Показатель необходимо сформулировать как можно точнее, иначе даже правильно построенную причинно-следственную диаграмму будет затруднительно использовать для решения конкретной проблемы.



Рисунок 2- Структурная схема диаграммы Исикавы

Через центр листа проведите прямую горизонтальную линию («хребет» диаграммы), слева упирающуюся в край листа, а справа в показатель для анализа.

Шаг 2. Определите главные факторы (факторы первого порядка), влияющие на показатель качества, используя принцип «4М...6М». Равномерно распределите их по верхнему и нижнему краю листа и проведите стрелки («большие кости») от названий главных факторов к «хребту» диаграммы.

На диаграмме для выделения показателя качества и главных факторов рекомендуется заключить их в рамку.

Шаг 3. Определите и запишите факторы второго порядка рядом с «большими костями» факторов первого порядка, на которые они влияют.

Соедините стрелками («средние кости») названия факторов второго порядка с «большими костями».

Шаг 4. Определите и запишите факторы третьего порядка рядом со «средними костями» факторов второго порядка, на которые они оказывают влияние. Соедините стрелками («малые кости») названия факторов третьего порядка со «средними костями».

Для определения факторов второго, третьего и т.д. порядков рекомендуется использовать метод «мозгового штурма».

При нанесении стрелок на схему их наклон и размер не имеют значения. При построении диаграммы необходимо правильно отобразить соподчинённость и взаимозависимость факторов, а также оформить диаграмму таким образом, чтобы она легко читалась. В связи с этим наименования факторов рекомендуется записывать в горизонтальном положении.

Шаг 5. Удалите факторы, на которые невозможно повлиять или скомпенсировать их воздействие. Это правило можно использовать во время определения факторов, влияющих на объект анализа, т.е. на 2 – 4 этапах построения диаграммы.

Шаг 6. Оцените степень влияния (значимость) каждого, наиболее мелкого фактора, на который можно повлиять. Предпочтительно для оценки влияния факторов использовать данные измерений (контрольные листки, журналы измерений и т.д.). Если такой возможности нет, предлагается использовать метод командной оценки.

Шаг 7. Определите наиболее значимые факторы, влияющие на исследуемый показатель качества. Для анализа рекомендуется использовать диаграмму Парето.

Порядок выполнения работы

1. Ознакомиться с теоретическими сведениями данной работы.
2. Выбрать объект исследований и определить основные факторы, от которых зависит его качество.
3. Используя приведённый алгоритм, построить диаграмму Исикавы.
4. Проанализировать полученные данные и выработать рекомендации по улучшению качества объекта исследований.
5. Ответить на контрольные вопросы.

Контрольные вопросы

1. Для чего используется диаграмма Исикавы?
2. Когда и кем была впервые предложена диаграмма Исикавы?
3. В чём заключается основное достоинство диаграммы Исикавы?

4. В чём заключается принцип «4М...6М»?
5. На какие категории обычно разделяют причины возникновения проблемы при построении диаграммы Исикавы?
6. Приведите примеры факторов, которые могут быть отнесены к категории Man (Человек).
7. Приведите примеры факторов, которые могут быть отнесены к категории Machines (Машины, оборудование).
8. Приведите примеры факторов, которые могут быть отнесены к категории Materials (Материал).
9. Приведите примеры факторов, которые могут быть отнесены к категории Methods (Методы, технология).
10. Приведите примеры факторов, которые могут быть отнесены к категории Measurements (Измерения).
11. Приведите примеры факторов, которые могут быть отнесены к категории Media (Среда).
12. Назовите основные этапы построения диаграммы Исикавы.
13. Опишите первый этап построения диаграммы Исикавы и его значение для всего процесса.
14. Опишите второй этап построения диаграммы Исикавы и его значение для всего процесса.
15. Опишите третий этап построения диаграммы Исикавы и раскройте его значение для всего процесса.
16. Опишите четвёртый этап построения диаграммы Исикавы и раскройте его значение для всего процесса.
17. Опишите пятый этап построения диаграммы Исикавы и раскройте его значение для всего процесса.
18. Опишите шестой этап построения диаграммы Исикавы и раскройте его значение для всего процесса.
19. Опишите седьмой этап построения диаграммы Исикавы и раскройте его значение для всего процесса.
20. Какие методы могут быть использованы для оценки значимости влияющих факторов?
21. Приведите структурную схему диаграммы Исикавы.

ЛИТЕРАТУРА

Основная:

1. Кваліметрія: навч. посіб./ В.Р.Куць, П.Г.Столярчук, В.М.Друзюк. – Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2012. – 256 с.
2. Гличев А.В., Рабинович Г.О., Примаков М.И., Сеницын М.М. Прикладные вопросы кваліметрии.–М.: Издательство стандартов. 1983.–136с.
3. Федюкин В.К.Кваліметрія. Измерение качества промышленной продукции.М.: КНОРУС.Учебное пособие.-2010г.
4. Димитров В.П., Сергеева М.Х. Кваліметрія.Издательский центр ДГТУ.-Учебное пособие.-2010г.
5. Ангальдов Г.Г.Кваліметрія для инженеров-механиков. М.: МАДИ.Учебное пособие.- 2006г.
6. Хвастунов Р.М. и др. Кваліметрія в машиностроении.М.: «Экзамен». Учебное пособие.-2009г.

Дополнительная:

7. Калейчик М.М. Кваліметрія.М.: МГИУ.-Учебное пособие.-2005.
8. Шишкин И.Ф., Станякин В.М. Кваліметрія и управление качеством: Учебник для вузов. -М.: Издательство ВЗПИ, 1992 –256с.
9. Методика применения экспертных методов для оценки качества продукции. – М.: Изд-во стандартов, 1975.
10. Фомин, В.Н. Кваліметрія. Управление качеством. Сертификация : учеб. пособие для студентов вузов, обучающихся по направлению подгот. дипломир. специалистов «Стандартизация, сертификация и метрология» [Текст] / В.Н. Фомин. – 2-е изд., перераб. и доп. – М. : Ось-89, 2008. – 384 с.
11. Шапошников, В.А. Кваліметрія. Курс лекций [Текст] / В.А. Шапошников ; науч. ред. О.В. Обухов ; Урал. гос. техн. ун-т – УПИ. –Екатеринбург : УГТУ – УПИ, 2008. – 86 с. : ил., табл. ; 20 см. – Библиогр.: с. 81.
- 12.Астратова, Г.В. Маркетинг продовольственного рынка: концептуальный подход = Food Marketing: First Steps towards Conception Developing in the Period of Transition in Russia [Текст] / Г.В. Астратова. – Шадринск : Исеть, 1996. – 324 с. – Библиогр.: с. 284.
13. Мужипов, В.Г. Кваліметрические методы в функционально-стоимостном анализе машиностроительной продукции [Текст] : автореф.дис.на соиск. учен. степ. канд. экон. наук : 08.00.05 / В.Г. Мужипов ; Урал. гос. техн. ун-т – УПИ. – Екатеринбург : Б. и., 2004.– 175 с.
14. Мигачев, Б.А. Кваліметрія на базе мониторинга математическими и аппаратурными методами [Текст] / Б.А. Мигачев ; Рос. Акад. наук. Урал. отделение. Ин-т машиноведения. – Екатеринбург : УрО РАН, 2000. – 176 с.
15. Мигачев, Б.А. Элементы кваліметрии для технических приложений : учеб. пособие [Текст] / Б.А. Мигачев, А.Б. Найзабеков ; М-во образования и науки респ. Казахстан. Респ. издат. кабинет по учеб. и метод. лит. – Алматы : РИК по учебной и методической литературе, 2001. – 125 с.

16. Минько, Э.В. Качество и конкурентоспособность [Текст] / Э.В. Минько, М.Л. Кричевский. – М. [и др.] : Питер, 2004. – 268 с.

Internet-ресурсы

Единое окно доступа к образовательным ресурсам. Образование в области техники и технологий. Управление качеством.
http://window.edu.ru/catalog?p_rubr=2.2.75

Единое окно доступа к образовательным ресурсам. Образование в области техники и технологий. Квалиметрия.
http://window.edu.ru/catalog?p_rubr=2.2.75.13

Нормативно-техническая документация и специальная литература по квалиметрии. <http://antic-r.narod.ru/doc.htm>

Библиотека ГОСТов и нормативных документов. <http://libgost.ru/>

Федеральный портал. Каталог образовательных Интернет-ресурсов.
<http://www.edu.ru/index.php>

Портал компании Statsoft.

http://www.statsoft.ru/home/portal/textbook_ind/default.htm