

Министерство образования и науки Украины
Севастопольский национальный технический университет



МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

к выполнению практических занятий
по дисциплине «Управление качеством и сертификация
продукции»
для студентов специальностей «Технология машиностроения» и
«Металлорежущие станки и системы»
всех форм обучения

Севастополь
2009



УДК 621.9.06.

Методические указания к выполнению практических занятий по дисциплине «Управление качеством и сертификация продукции» для студентов специальностей «Технология машиностроения» и «Металлорежущие станки и системы» всех форм обучения / разраб. Троценко А.В. - Севастополь: Издательство СНТУ, 2009 - 30 с.

Цель указаний – закрепление на практике знаний, полученных студентами при изучении дисциплины «Управление качеством и сертификация продукции».

Методические указания составлены на основе рабочей программы дисциплины и утверждены на заседании кафедры Технология машиностроения.

Протокол № от .2009г.

Рецензент: Ф.Н. Канареев, кандидат технических наук, доцент кафедры Технология машиностроения.

Ответственный за выпуск: С.М.Братан, докт. техн. наук, профессор, зав. кафедрой ТМ

Допущено учебно-методическим центром и научно-методическим советом СевНТУ в качестве методических указаний.

Таблица А – Значения функции Лапласа

t	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9	2,0
$\Phi(t)$	0,4032	0,4192	0,4332	0,4452	0,4554	0,4641	0,4713	0,4772

t	2,1	2,2	2,3	2,4	2,5	2,6	2,7	2,8
$\Phi(t)$	0,4821	0,486	0,4893	0,4918	0,4938	0,4953	0,4965	0,4974

СОДЕРЖАНИЕ

1. Практическое занятие № 1	
Оценка показателей надежности продукции.....	3
1.1. Краткие теоретические сведения	3
1.2. Набор типовых задач.....	5
1.3. Варианты задания.....	7
2. Практическое занятие № 2	
Определение коэффициентов весомости.....	8
2.1. Краткие теоретические сведения.....	8
2.2. Набор типовых задач.....	11
2.3. Порядок выполнения работы.....	13
3. Практическое занятие № 3	
Определение интегрального и комплексных показателей качества...14	
3.1. Краткие теоретические сведения.....	14
3.2. Набор типовых задач.....	17
3.3. Порядок выполнения работы.....	23
3.4. Варианты задания	24
4. Практическое занятие № 4	
Статистическая оценка качества продукции.....	25
4.1. Краткие теоретические сведения.....	25
4.2. Пример решения задачи.....	27
4.3. Варианты задания.....	28
Библиографический список.....	29
Приложение А. Функция Лапласа.....	30

1. ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 1 ОЦЕНКА ПОКАЗАТЕЛЕЙ НАДЕЖНОСТИ ПРОДУКЦИИ

Цель занятия. Освоить методику определения показателей безотказности и долговечности машиностроительной продукции.

1.1. Краткие теоретические сведения

Под надежностью понимают вероятность удовлетворительного соответствия продукции своему назначению и ее безотказная работа в определенных условиях окружающей среды и в течение установленного срока.

Показатели надежности характеризуют свойства продукции по безотказности, долговечности, сохраняемости и ремонтпригодности.

Для ремонтируемых изделий показателями безотказности может служить



наработка на отказ T_0 или среднее значение параметра потока отказов Π_0 . Нарботка на отказ статистически определяется отношением суммарной наработки восстанавливаемых изделий к суммарному числу их отказов. Среднее значение параметра потока отказов есть величина, обратная наработке на отказ $\Pi_0 = 1 / T_0$.

Для неремонтируемых или заменяемых изделий показателями безотказности могут служить вероятность безотказной работы $P(t)$ и интенсивность отказов $\lambda(t)$.

$$P(t) = 1 - F(t),$$

где $F(t)$ – функция распределения времени работы изделия до отказа.

Статистически $P(t)$ определяется отношением числа изделий, безотказно наработавших до момента времени t к числу изделий N_0 работоспособных в начальный момент времени $t = 0$. Определение интенсивности отказов базируется на понятии плотности вероятности отказа, под которой понимают предел отношения вероятностей отказа в интервале времени от t до $(t + \Delta t)$ к значению интервала Δt при $\Delta t \rightarrow 0$.

$$P(t) = (N_0 - \sum_{i=1}^m n_i) / N_0; \quad (1)$$

$$\lambda(t) = \frac{N(t) - N(t + \Delta t)}{N(t) \cdot \Delta t}, \quad (2)$$

где n_i – число изделий, вышедших из строя во время испытаний в i -ом интервале времени; $m = t / \Delta t$ – число интервалов; $N(t)$ – число изделий, работоспособных к моменту t .

Для внезапных отказов достаточно часто справедлив экспоненциальный закон, при котором $P(t) = e^{-\lambda t}$.

Показатель, характеризующий долговечность по календарному времени, называют средним сроком службы. При наличии данных о сроке службы n

изделий статистическая оценка $\bar{X}$ среднего срока службы равна

$$\bar{X} = \sum_{i=1}^n X_i / n.$$

Работа различных сложных изделий может быть представлена схемой последовательного, параллельного или смешанного соединений входящих в них элементов, называемой структурной схемой надежности изделия или системы.

Определим вероятность отказа системы. Исходными данными является вероятность безотказной работы P_i каждого из n элементов системы, а также вид элемента (ремонтируемый или неремонтируемый) и способ

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Управление качеством продукции. Справочник /Под ред. А.В.Гличева.- М.: Изд-во стандартов,1985. – 464 с.
2. Леонов И.Г. Управление качеством продукции.- М.: Изд-во стандартов, 1990. - 212 с.
3. Гличев А.В. Прикладные вопросы квалитметрии.- М.: Изд-во стандартов, 1983. – 136 с.
4. Окрепилов С.В. Управление качеством.- М.: Экономика, 1998. – 639 с.
5. Управление качеством. Учебник для вузов /Под ред. С.Д.Ильенковой.- М.: ЮНИТИ, 1998. – 199 с.



В соответствии с Приложением А значение $\Phi(1,58) = 0,44$. Тогда $F_2 = 0,5 - 0,44 = 0,06$. Таким образом, 6% деталей (18 штук) будут бракованными, но брак исправим.

4.3. Варианты задания

Определить число годных деталей, исправимого и неисправимого брака при обработке партии валов 450 штук диаметром $40 - 0,16$ мм, если среднеквадратическое отклонение σ и смещение $\Delta_{см} = \bar{d} - d_{ср}$, вычисленные по результатам измерений пробной выборки, имеют значения, приведенные в таблице 14.

Таблица 14 – Варианты задания

№ варианта	σ , мм	$\Delta_{см}$, мм
1	0,03	- 0,02
2	0,03	+ 0,02
3	0,04	- 0,02
4	0,04	0
5	0,04	+ 0,02
6	0,035	- 0,025
7	0,035	+ 0,025
8	0,03	- 0,02
9	0,03	+ 0,02
10	0,04	- 0,02

В отчете по практическому занятию представить кривую распределения размеров деталей, результаты расчетов, мероприятия по исправлению предполагаемого брака, сделать выводы по проделанной работе.

резервирования. Если отказ одного из элементов ведет к отказу всей системы, то элементы соединяют последовательно, если же отказ возникает при условии одновременного отказа нескольких элементов, то их соединяют параллельно.

При последовательном соединении неремонтируемых элементов вероятность безотказной работы системы P_c определяют по формуле умножения вероятностей независимых событий

$$P_c = P_1 \cdot P_2 \cdot \dots \cdot P_n = \prod_{i=1}^n P_i. \quad (3)$$

При одинаковой вероятности безотказной работы элементов формула примет вид

$$P_c = P_i^n.$$

Для внезапных отказов, подчиняющихся экспоненциальному закону изменения вероятности

$$P_c = \prod_{i=1}^n e^{-\lambda_i t} = e^{-\lambda_0 t}, \quad (4)$$

где $\lambda_0 = \sum_{i=1}^n \lambda_i$ - суммарная интенсивность отказов n элементов.

При параллельном соединении элементов системы

$$P_c = 1 - \prod_{i=1}^n (1 - P_i). \quad (5)$$

В теории надежности параллельное соединение элементов рассматривается как постоянное нагруженное резервирование, т.е. применение дублирующих элементов. При выходе из строя одного из элементов дублирующий выполняет его функции и система не прекращает работы. Например, если вероятность безотказной работы каждого из трех элементов $P_{1-3} = 0,9$, то $P_c = 1 - (1 - 0,9)^3 = 0,999$, т.е. P_c резко возрастает и становится возможным создание надежных систем из ненадежных элементов.

1.2. Набор типовых задач

Задача 1. Изделие состоит из шести элементов, схема соединений которых представлена на рисунке 1.



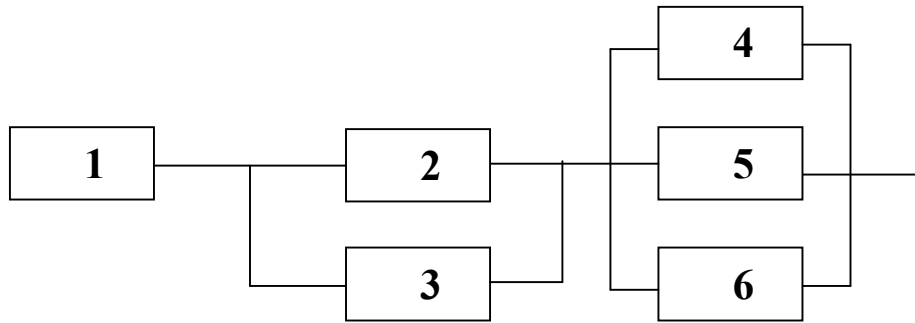


Рисунок 1 – Схема соединений

Вероятность безотказной работы элементов изделия представлена в таблице 1.

Таблица 1 – Вероятность безотказной работы

P_1	P_2	P_3	P_4	P_5	P_6
0,98	0,85	0,82	0,78	0,78	0,75

Определить вероятность безотказной работы изделия.

Расчет проводим по формулам (3) и (5).

$$P_c = P_1 [1 - (1 - P_2) (1 - P_3)] [1 - (1 - P_4) (1 - P_5) (1 - P_6)] = 0,98 (1 - 0,15 * 0,18) (1 - 0,22^2 * 0,25) = 0,942.$$

Задача 2. Как правило, межремонтные сроки службы большинства промышленных изделий достигают $(3 - 10) * 10^3$ часов, поэтому проведение обычных испытаний на надежность нецелесообразно. В настоящее время широко применяют методы ускоренных испытаний, которые позволяют установить показатели надежности в более короткие сроки, чем при эксплуатационных режимах.

Предварительно проведены испытания 50 образцов продукции. За время ускоренных испытаний на надежность из строя вышли 2 образца. Определить вероятность безотказной работы продукции.

Расчет проводим по формуле (1)

$$P = (50 - 2) / 50 = 0,96.$$

Задача 3. В момент времени t (после приработки) провели испытания 50 образцов продукции. Через год (Δt) из строя вышли 4 образца. Определить вероятность безотказной работы продукции через 3 года эксплуатации при экспоненциальном законе изменения вероятности.

Найдем интенсивность отказов:

$$\lambda = 4 / 50 * 1 * 365 * 24 = 0,9 * 10^{-5} \text{ 1/ч.}$$

Найдем вероятность безотказной работы:

4.2. Пример решения задачи

На станке обрабатывают партию валов 300 штук диаметром $30_{-0,1}^0$ мм. По результатам измерения выборки объемом 50 штук определены: среднее значение $\bar{d} = 29,97$ мм и среднее квадратическое отклонение $\sigma = 0,019$ мм. Распределение подчиняется закону Гаусса (см. рисунок 3).

Определить число годных и бракованных валов.

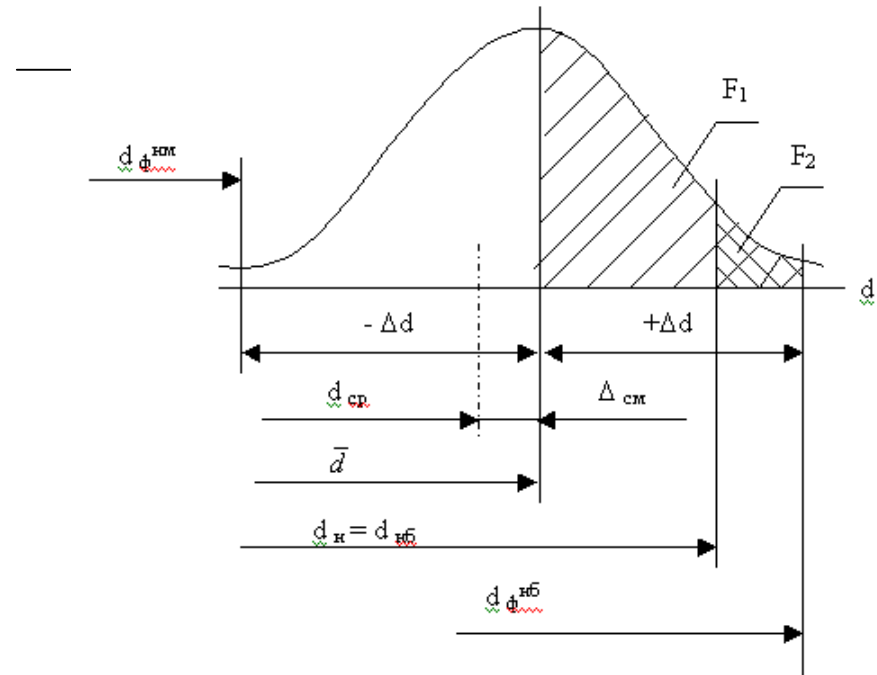


Рисунок 3 – Распределение размеров валов

Определяем интервал рассеивания размеров $\pm \Delta d = \pm 3\sigma = \pm 3 * 0,019 = \pm 0,057$ мм.

Из расположения поля рассеивания фактических размеров очевидно, что часть размеров будут выходить за наибольший размер $d_n = d_{нб}$. Половина площади под кривой распределения равна 0,5. Тогда $F_2 = 0,5 - F_1 = 0,5 - \Phi(t)$, где $\Phi(t)$ – функция Лапласа; $t = \Delta/\sigma$. В рассматриваемом случае

$$\frac{d_{нб} - \bar{d}}{\sigma} = \frac{30 - 29,97}{0,019} = 1,58.$$

- погрешность установки положения инструмента по упорам и лимбам;
 - колебание температурного режима обработки и упругих деформаций элементов технологической системы под влиянием переменных сил резания и т. п.

Для анализа закономерностей рассеивания размеров деталей строят распределение размеров – совокупность значений действительных размеров деталей, обработанных при неизменных условиях и расположенных в возрастающем порядке с указанием частоты повторения этих размеров.

Если результирующая погрешность обработки формируется в результате одновременного воздействия большого числа погрешностей, которые представляют собой взаимно независимые случайные величины, то согласно центральной предельной теоремы теории вероятностей она подчиняется закону нормального распределения (закону Гаусса).

Если исходная кривая распределения через некоторое время становится более пологой, то это свидетельствует о появлении случайных погрешностей, снижающих точность обработки. Следует проверить твердость и размеры заготовок, состояние станка, приспособления и др. Если кривая распределения при неизменной ее форме через некоторое время с момента начала работы сместилась, это свидетельствует об изменении настроечного размера и необходимости его корректировки.

В тех случаях, когда нарушено условие работы без брака, т. е. когда поле рассеивания размеров деталей превосходит поле допуска, появляется вероятность брака, процент которого необходимо установить и решить его допустимость. При этом принимают, что все детали партии имеют действительные размеры в пределах поля рассеивания и что площадь, ограниченная кривой нормального распределения и осью абсцисс равна 1 и выражает собой 100% деталей партии. Для определения количества годных деталей необходимо найти площадь, ограниченную кривой на длине равной полю допуска, т. е. найти удвоенное значение интеграла, определяющего половину площади ограниченной кривой распределения (функция Лапласа)

$$\Phi(t) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_0^t e^{-\frac{t^2}{2}} dt; \quad t = \frac{L_{\text{нм(нб)}} - L_{\text{ср}}}{\sigma}.$$

На основе результатов расчетов для предотвращения появления брака принимают меры, приводящие к уменьшению случайного рассеивания размеров (уменьшение σ) за счет использования более точного оборудования, современных методов обработки, рационального построения технологического процесса, применения более стойкого инструмента и др.

$$P(t) = e^{-3 \cdot 365 \cdot 24 \cdot 0,9 \cdot 10^{-5}} = 0,778.$$

Задача 4. Задано: количество изделий $N = 20$ шт.; время испытаний каждого изделия $t_{\text{и}} = 6000$ ч.; количество отказов $n = 1$.

Определить вероятность безотказной работы через промежуток времени Δt равный соответственно 2, 5 и 10 годам.

Найдем суммарную наработку $S = t_{\text{и}} \cdot N = 6000 \cdot 20 = 120000$ ч. Нарботка до отказа $T = S / n = 120000 / 1 = 120000$ ч. Интенсивность отказов $\lambda = 1 / T = 8,3 \cdot 10^{-6}$ 1/ч. По формуле (4) находим вероятность безотказной работы изделий: через два года – 86,5%, через пять лет – 69,5% и через 10 лет – 48,3%.

1.3. Варианты задания

В период времени t проведены испытания N образцов элементов 1 – 5 изделия, структурная схема которого представлена на рисунке 2.

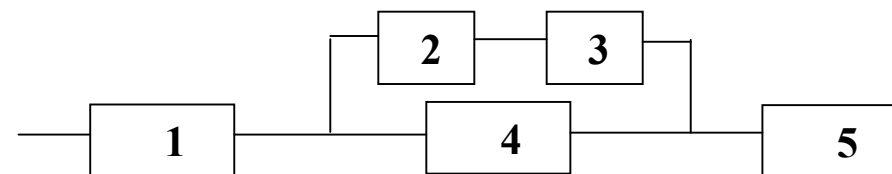


Рисунок 2 – Схема соединений

Через интервал времени Δt из строя вышли n образцов каждого элемента. Определить:

1) Вероятность безотказной работы изделия через Δt_1 лет эксплуатации при экспоненциальном законе изменения вероятности.

2) К какому одному или нескольким элементам необходимо подсоединить резервный элемент 6 и какова должна быть для него интенсивность отказов, чтобы вероятность безотказной работы изделия через Δt_1 лет эксплуатации была равна: не менее 0,82 для вариантов 1, 2, 3, 6; не менее 0,90 для вариантов 4, 7 и не менее 0,92 для остальных вариантов.

Варианты задания представлены в таблице 2

В отчете по практическому занятию необходимо представить решение задачи согласно заданию и выводы по результатам решения.



Таблица 2 – Варианты задания

№ варианта	N, шт. / n, шт.					Δt , лет	Δt_1 , лет
	1	2	3	4	5		
1	70 / 2	45 / 3	90 / 6	100 / 7	40 / 1	0,6	2,4
2	100 / 3	50 / 4	70 / 3	40 / 2	150 / 2	0,8	3,5
3	120 / 2	65 / 3	80 / 4	55 / 3	100 / 2	1	5
4	120 / 1	70 / 2	140 / 4	60 / 3	150 / 1	0,4	2,5
5	70 / 1	45 / 2	90 / 5	100 / 5	80 / 2	0,6	2,5
6	100 / 2	55 / 3	75 / 4	80 / 2	150 / 3	1,5	7,5
7	120 / 1	80 / 3	90 / 4	55 / 2	150 / 2	0,8	3,5
8	90 / 2	50 / 3	60 / 2	80 / 3	150 / 2	1	2,8
9	150 / 2	100 / 4	95 / 4	80 / 2	100 / 2	1,5	4,5
10	85 / 1	120 / 5	70 / 3	90 / 4	100 / 2	0,4	1,2

2. ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 2

ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТОВ ВЕСОМОСТИ

Цель занятия. Освоить методы определения коэффициентов весомотности единичных показателей качества продукции.

2.1. Краткие теоретические сведения

Коэффициенты весомотности необходимо выбирать таким образом, чтобы изменение в некоторых пределах каждого параметра продукции в отдельности приводило бы к такому изменению уровня качества, которое бы соответствовало действительному изменению для потребителя ценности продукции в целом.

Пусть продукция характеризуется тремя наиболее значимыми параметрами a_1, a_2, a_3 (например, массой, тягой и скоростью), а базовый - значениями соответствующих параметров A_1, A_2, A_3 . Коэффициенты весомотности для каждого из параметров выбираются так, что если статистический потребитель оценивает увеличение, например, скорости в 1,5 раза как увеличение ценности продукции в 1,1 раза, то коэффициент для этого параметра равен 0,2, т.е. в данном случае потребитель оценивает прирост уровня качества продукции в пять раз меньше прироста ее параметра.

1. Метод стоимостных регрессионных зависимостей.

Метод основан на построении приближенных зависимостей между затратами на создание и эксплуатацию продукции данного вида и показателями ее качества. Метод применяют в тех случаях, когда имеющееся число вариантов продукции достаточно велико и превосходит число выбранных показателей.

Таблица 13 – Распределение дефектов

Варианты	Стоимость устранения дефекта, у.е.						Количество дефектов в рассматриваемые периоды											
							анализируемый						базовый					
№ дефекта	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6
1	85	70	42	35	14	3.5	1	2	-	5	4	3	-	3	2	5	6	1
2	80	68	54	21	8	4.2	1	3	2	-	4	2	2	1	4	1	6	2
3	95	80	75	60	40	25	1	1	4	3	1	5	-	2	3	4	4	2
4	105	89	62	43	28	15	-	3	1	4	6	3	1	1	2	3	8	4
5	42	35	22	10	6	2.5	1	3	4	2	-	6	1	2	2	-	6	4
6	80	70	45	35	20	7	2	1	3	1	4	5	1	2	4	-	5	4
7	85	70	42	35	14	3.5	1	3	4	2	-	6	1	2	2	-	6	4
8	80	68	54	21	8	4	2	1	3	1	4	5	1	2	4	-	5	4
9	105	90	60	42	30	15	1	1	4	3	1	5	-	2	3	4	4	2
10	95	80	75	60	40	25	-	3	1	4	6	3	1	1	2	3	8	4
11	40	35	22	10	6	2	1	3	2	-	4	2	2	1	4	1	6	2
12	80	70	45	35	20	7	1	2	-	5	4	3	-	3	2	5	6	1

Определить индекс дефектности выпускаемых изделий.

4. ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 4

СТАТИСТИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ПРОДУКЦИИ

Цель занятия. Освоить методику оценки качества продукции статистическим методом.

4.1. Краткие теоретические сведения

При обработке на настроенных станках партии заготовок размеры каждой отличаются друг от друга и от настроенного размера на значение случайной погрешности. Случайная погрешность – составляющая погрешности обработки, которая для разных заготовок рассматриваемой партии изменяется случайным образом, не подчиняясь никакой закономерности.

Случайная погрешность приводит к рассеиванию размеров, что вызывается совокупностью многих причин случайного характера, проявляющих свое действие независимо друг от друга:

- колебание твердости обрабатываемого материала и значения припуска заготовки;
- изменение положения заготовки в приспособлении;



интегрального и комплексных показателей качества продукции, обоснование предполагаемой цены нового изделия, сделать выводы по проделанной работе.

3.4. Варианты задания

Задание 1. Определить уровень качества разрабатываемого станка в сравнении с базовым по интегральному и комплексным показателям. Исходные данные для расчета приведены в таблице 12. Эксплуатационные затраты, время ввода программы и переналадки станка, серийность и число серий принять в соответствии с приведенными задачами, годовая производительность проектного и базового станков 30 тыс. деталей.

Таблица 12 – Исходные данные

Варианты	Обозначение и значение показателей													
	З _с	З _с	З _р	З _р	h _{пр}	h _{пр}	m _о	m _о	t	t ^о	N	N ^о	t ₀	t ₀
1	30	20	0.5	0.7	4	5	0.03	0.06	6	4	10	7.5	2	2.3
2	50	25	0.3	0.5	3	5	0.04	0.06	7	5	12	10	1.6	1.9
3	40	25	0.4	0.6	6	8	0.02	0.04	11	5	14	7	2.2	2
4	30	35	0.4	0.8	4	4	0.04	0.05	11	11	8	12	1.8	2
5	45	20	0.5	0.5	4	10	0.04	0.08	10	7.5	10	5	1.5	2.2
6	25	15	0.3	0.6	5	7	0.03	0.05	11	7	14.5	7.5	2.5	3.2
7	30	20	0.5	0.8	3	4	0.03	0.04	5	4	10	7.5	2	2.4
8	50	30	0.3	0.5	2	4	0.04	0.07	7	5	10	7.5	1.7	1.9
9	30	33	0.4	0.7	4	3	0.04	0.06	11	7.5	8	12	1.8	2.2
10	40	30	0.4	0.5	6	9	0.02	0.04	11	7	14	10	2.2	2
11	45	20	0.5	0.6	5	10	0.03	0.06	10	7.5	10	7	1.6	2
12	25	15	0.3	0.5	5	7	0.03	0.05	11	7.5	14.5	10	2.5	3.2

Задание 2. Для выпускаемых на предприятии изделий установлено шесть видов дефектов (1-6), стоимости устранения которых приведены в таблице 6. В анализируемом и базовом периодах проведены испытания по 50 шт. изделий, в результате которых обнаружены дефекты, распределенные по видам согласно таблице 13.

Вид зависимости выбирают соответственно используемому комплексному показателю качества. Если используют средневзвешенный геометрический показатель, то для построения регрессионной зависимости выбирают выражение

$$\lg \frac{S}{S_{cp}} = \sum_1^m \mu_i \cdot \lg \frac{P_i}{P_{icc}},$$

где S_{cp} , $P_{i\ cp}$ – величины, полученные усреднением по всем вариантам продукции фактических затрат и соответствующих показателей качества; μ_i – параметры аппроксимации, определяемые методом «наименьших квадратов». Тогда коэффициенты весомости $\delta_i = \mu_i$.

2. Метод предельных и номинальных значений.

Метод используется в тех случаях, когда известны проверенные на опыте предельно допустимые значения показателей качества продукции данного вида, определяющие требования к годной продукции.

Для средневзвешенного арифметического показателя $Q = \sum_1^m \delta_{iQ} P_i$

коэффициент весомости $\delta_{iQ} = \frac{\lambda}{\bar{P}_i - \tilde{P}_i}$.

Для средневзвешенного геометрического $V = \prod_1^m (P_i)^{\delta_{iV}}$, $\delta_{iV} = \frac{\lambda}{\lg \frac{\bar{P}_i}{\tilde{P}_i}}$.

$\bar{P}_i$ – номинальное или среднестатистическое значение показателя; $\tilde{P}_i$ – предельное значение показателя; λ – постоянный множитель, который выбирают так, чтобы относительные изменения средневзвешенного показателя были равны соответствующим относительным изменениям затрат на создание и эксплуатацию продукции.

3. Метод эквивалентных соотношений.

Метод применяется в случаях, когда удастся обосновать какому относительному изменению количества продукции $\Delta \xi / \xi$ эквивалентно с точки зрения общего эффекта от использования продукции, рассматриваемое

относительно изменения данного показателя качества $\frac{\Delta P_i}{P_i}$. Тогда



$$\text{коэффициент весомости равен } \delta_i = \frac{\frac{\Delta \xi}{\xi}}{\frac{\Delta P_i}{P_i}}.$$

Если одинаковые относительные изменения количества продукции эквивалентны некоторым ее показателям качества, то для них $\delta_i = 1$.

4. Экспертный метод.

Для реализации экспертного метода создаются экспертные комиссии, в состав которых, как правило, входят высококвалифицированные специалисты и авторы изделий. Для повышения объективности метода проводят обычно несколько туров опроса (как правило, 2 - 3). После каждого тура эксперты обосновывают свое мнение. Коэффициенты весомости определяют в баллах (или в долях единицы). Далее определяют среднее арифметическое коэффициентов весомости i -го показателя качества.

$$\bar{a}_i = \frac{1}{N} \sum_{j=1}^N a_{ij},$$

где $i = 1, \dots, n$ – число показателей качества; N – число экспертов; a_{ij} – коэффициенты весомости i -го показателя, данные j -м экспертом.

Нормированные коэффициенты весомости

$$q_i = \frac{\bar{a}_i}{\sum_{i=1}^n \bar{a}_i}; \text{ при этом } \sum_{i=1}^n q_i = 1, q_i > 0.$$

При подборе экспертов большое внимание уделяют согласованности их мнений, которая характеризуется смещенной или несмещенной оценкой дисперсии отсчета. За меру согласованности принимают коэффициент конкордации

$$W = \frac{12S}{N^2(n^3 - n)},$$

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

При этом используется несколько объектов оценки, которые в зависимости от их качества нужно расставить по шкале порядка, т.е. произвести ранжирование. Коэффициент конкордации может принимать значения от 0 (при отсутствии согласованности) до 1 (при полном единодушии).

Этому методу органически присущ субъективизм, поэтому его целесообразно сочетать с методами, основанными на применении

Таблица 11 – Распределение дефектов

Обозначение дефекта	Весовой коэффициент	Число дефектов в выборке	
		базовый период	анализируемый период
А	50	0	0
Б	35	2	2
В	20	4	3
Г	10	7	6
Д	7	5	8
Е	5	3	6
Ж	3	4	3
З	1	3	5

Значение показателей дефектности:

$$D_6 = 1/25 * (0+70+80+70+35+15+12+3) = 11.4;$$

$$D = 1/25 * (0+70+60+60+56+30+9+5) = 11.6.$$

Уровень дефектности за анализируемый период $Q = 11.6/11.4 = 1.018$.

Таким образом, хотя количество дефектов в конце месяца возросло на 18%, уровень дефектности деталей не превышает 2%.

3.3. Порядок выполнения работы

1. По заданию преподавателя для трех металлорежущих станков, используемых

в четырех условиях производства с известными значениями коэффициентов весомости, оценить уровни качества по средневзвешенным арифметическому и геометрическому показателям, выбрать наиболее качественный станок.

2. Определить эксплуатационную надежность изделия по заданным коэффициентам весомости и показателям безотказности, долговечности, ремонтпригодности и сохраняемости.

3. По заданному интегральному эффекту использования нового образца изделия, степени увеличения его себестоимости и известной рыночной цене базового образца определить назначаемую цену нового изделия с учетом равномерного распределения интегрального эффекта между изготовителем и потребителем.

4. Рассчитать комплексный или интегральный показатели качества рассматриваемой продукции и сравнить их с базовыми значениями.

5. Составить отчет по практическому занятию. В отчете представить расчеты



Таблица 10 – Исходные данные

Типораз- мер	Базовое значение стойкости, мин	Стойкость t_i , мин				Относительная стойкость		Средний го- довой объем выпуска, тыс.грн.
		Квартал						
	1	2	3	4	2	3	4	
1	409	445	460	470	1.09	1.12	1.15	35.1
2	622	640	650	630	1.03	1.05	1.01	54.2
3	423	500	600	600	1.18	1.42	1.42	42.7
4	528	480	460	450	0.91	0.87	0.85	50.2
5	682	540	590	590	0.79	0.87	0.87	56.0

$$\sum_{k=1}^M C_k = 238.2 \text{ тыс.грн.}$$

Общий эффект от использования сверл каждого типоразмера зависит от произведения их стойкости на количество изготовленных сверл. Определяем относительные объемы производства сверл каждого типоразмера (коэффициенты весомости):

$$\alpha_1 = 35.1/238.2 = 0.147; \alpha_2 = 0.228; \alpha_3 = 0.179; \alpha_4 = 0.211; \alpha_5 = 0.235.$$

Определяем средние взвешенные арифметические индексы качества для рассматриваемых периодов.

Для 2 квартала:

$$\alpha_{II} = 0.147 \cdot 1.09 + 0.228 \cdot 1.03 + 0.179 \cdot 1.18 + 0.211 \cdot 0.91 + 0.235 \cdot 0.79 = 0.98.$$

Для 3 квартала:

$$\alpha_{III} = 0.147 \cdot 1.12 + 0.228 \cdot 1.05 + 0.179 \cdot 1.42 + 0.211 \cdot 0.87 + 0.235 \cdot 0.87 = 1.05.$$

Для 4 квартала:

$$\alpha_{IV} = 0.147 \cdot 1.15 + 0.228 \cdot 1.01 + 0.179 \cdot 1.42 + 0.211 \cdot 0.85 + 0.235 \cdot 0.87 = 1.04.$$

Из результатов расчета следует, что во 2 квартале средний взвешенный индекс качества по сравнению с 1 кварталом понизился на 2% вследствие, как показал анализ, поступления некачественного сырья, индекс качества продукции предприятия в 3 квартале увеличился на 7% по сравнению со 2 кварталом и в 4 квартале остался на том же уровне.

Задача 8. Пусть для детали машиностроительного производства определено восемь видов дефектов (А,Б,В,Г,Д,Е,Ж,З), для которых в результате экспертной оценки установлены весовые коэффициенты g_i .

В двух выборках по 25 штук в каждой, проведенных в начале и в конце месяца, было обнаружено соответственно 28 и 33 дефекта, распределение которых по видам приведено в таблице 4. Определить уровень дефектности изготовленных деталей, приняв за базовый показатель дефектности для начала месяца.

объективных исходных данных, и уточнять значения коэффициентов весомости по мере накопления опыта разработки, производства и эксплуатации продукции.

2.2. Набор типовых задач

Задача 1. Сравнивается М вариантов двигателей. Каждый вариант характеризуется набором из (м + 1) показателей качества

$$P_1^{(k)}, \dots, P_m^{(k)}, S^{(k)},$$

где к – номер варианта (от 1 до М); $P^{(k)}$ – показатели качества к-го варианта двигателя, увеличение значений которых характеризует улучшение качества двигателя (мощность, к.п.д., средний ресурс и т.п.); $S^{(k)}$ – показатель, уменьшение которого характеризует улучшение качества двигателя (масса, затраты на производство и эксплуатацию).

Построим линейную регрессионную зависимость между $\lg$ показателя S и $\lg$ показателя P.

$$Y^{(k)} = \sum_{i=1}^m \mu_i X_i^{(k)};$$

$$X_i^{(k)} = \lg \frac{P_i^{(k)}}{P_i^{cp}}; Y^{(k)} = \lg \frac{S^{(k)}}{S_{cp}};$$

$$P_i^{cp} = \frac{1}{M} \sum_{k=1}^M P_i^{(k)}; S_{cp} = \frac{1}{M} \sum_{k=1}^M S^{(k)}.$$

Задача 2. Пусть Т – средний ресурс электроламп данного типа; ξ – число, определяемое условием замены вышедших из строя ламп.

Увеличение Т на 1% позволит обеспечить те же потребности при числе ламп $\Delta\xi / \xi$, меньшем на 1%. Коэффициент весомости для ресурса ламп $\delta = 1$.

Задача 3. Оценить уровень качества часов новой марки с помощью средневзвешенного показателя, называемого оценочным числом N. Уменьшение значения N соответствует улучшению качества часов. За базовый образец принимаем модель серийно выпускаемых часов.

Коэффициент весомости определяем по предельным и номинальным значениям единичных показателей качества. Оценочное число представлено в виде арифметического показателя

$$N = \delta_1 P_1 + \delta_2 P_2 + \delta_3 P_3,$$

где P_1 – изохронная погрешность, характеризующая точность хода часов в одном положении при разной степени заводки, с; P_2 – позиционная погрешность, характеризующая точность хода часов при изменении положения, с; P_3 – температурный коэффициент, характеризующий точность хода часов при изменении температуры, с/град; $\delta_1, \delta_2, \delta_3$ – коэффициенты весомости, которые определяют по формуле



$$\delta_i = \frac{1/(\tilde{P}_i - \bar{P}_i)}{\sum_1^3 1/(\tilde{P}_i - \bar{P}_i)}.$$

Для удобства расчетов μ_3 принимаем равным 1, а δ_1 и δ_2 рассчитываем

$$\delta_1 = \frac{\tilde{P}_3 - \bar{P}_3}{\tilde{P}_1 - \bar{P}_1}; \quad \delta_2 = \frac{\tilde{P}_3 - \bar{P}_3}{\tilde{P}_2 - \bar{P}_2}.$$

Исходные данные представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Исходные данные

P_1	P_1	P_2	P_2	P_3	P_3
150	120	150	105	8	3,5

Рассчитаем коэффициенты весомости

$$\delta_1 = (8 - 3,5) / (150 - 120) = 0,15; \quad \delta_2 = (8 - 3,5) / (150 - 105) = 0,1.$$

Единичные показатели качества часов новой модели и базового образца представлены в таблице 4.

Таблица 4 – Единичные показатели

Показатели	Новая модель	Базовый образец
P_1	98	145
P_2	125	110
P_3	5,1	6

Оценочное число новой модели $N = 0,15*98 + 0,1*125 + 5,1 = 32,3$;
базового образца $N_6 = 0,15*145 + 0,1*110 + 6 = 38,75$.

$$\text{Уровень качества } Y_N = N_6 / N = 38,75 / 32,3 = 1,2.$$

Таким образом, уровень качества новой модели часов на 20% выше, чем у базовой модели.

Задача 4. Определить степень согласованности мнений 5 экспертов, результаты ранжирования которыми 7 объектов экспертизы приведены в таблице 5.

Среднее арифметическое рангов результатов экспертизы будет составлять $140 / 7 = 20$.

Из таблицы следует, что сумма квадратов отклонений от среднего арифметического равно 630. Коэффициент конкордации

$$W = \frac{12 * 630}{5^2 (7^3 - 7)} = 0,9.$$

Результаты расчета показывают, что проектный станок, хотя и обладает большей долговечностью, менее выгоден. Уровень его качества

$$J_1 = J / J_6 = 1,8 / 2,18 = 0,83.$$

Задача 6. Определить уровень качества разрабатываемого станка с ЧПУ в сравнении с базовым по комплексному показателю. Исходные данные приведены в таблице 9.

Значение комплексных показателей

$$П = 3600(1-0,02)*(1-0,05) / ((60+12*12+400*12*1,8)*14,5*1,8) = 0,0145 \text{ шт./кВт.ч}^2.$$

$$П = 3600(1-0,04)(1-0,03) / ((60+12*12+400*12*2,5)*10*2,5) = 0,011 \text{ шт./кВт.ч}^2.$$

Уровень качества разрабатываемого станка

$$Y_{П} = 0,0145 / 0,011 = 1,32,$$

что свидетельствует о его конкурентоспособности.

Таблица 9 – Исходные данные

Наименование показателей	Значение показателей станка	
	проектного	базового
Относительное число дефектных деталей m_o	0.02	0.04
Время простоев из-за отказов $h_{пр}, \%$	5	3
Мощность привода станка N , кВт	14.5	10
Основное время обработки детали t_o , мин.	1.8	2.5
Время ввода программы, мин	60	60
Время переналадки станка, мин	12	12
Серийность, шт	400	400
Число серий, шт	12	12

Задача 7. Проанализировать динамику качества сверл различных типоразмеров, выпускаемых предприятием в течение года.

За исходный показатель качества сверл каждого типоразмера принимается средняя стойкость сверл t_i . За базовые показатели качества принимается значение стойкости сверл i -го типоразмера, изготовленных в 1 квартале года. Исходные данные для расчета приведены в таблице 10.



Аналогично оцениваем погрешность для станков Б, В, Г и заносим в таблицу 7.

Так как для станка В относительная погрешность $\epsilon_{\max} > 0,1$ (10%), то для него определяем геометрический показатель

$$V_B = (D_B^1)^{\delta_1} (D_B^2)^{\delta_2} (D_B^3)^{\delta_3} = 15^{0,29} 25^{0,24} 50^{0,47} = 29,7.$$

Для остальных станков рассчитываем арифметический показатель. Анализ полученных результатов показал, что наиболее качественным является станок В ($V_B = 29,7$), у которого уровень качества в 1,14 раза больше, чем ближайшего по качеству станка Б.

Задача 5. Определить уровень качества разрабатываемого металлорежущего станка в сравнении с базовым по интегральному показателю.

Исходные данные для расчета приведены в таблице 8.

Таблица 8 – Исходные данные

Наименование показателей	Значение показателей станка	
	проектного	базового
Годовая производительность, тыс.дет.	20	20
Время простоев из-за отказов $h_{пр}, \%$	3	6
Стоимость станка Z_c , тыс.грн.	40	10
Годовые затраты на ремонт Z_p , тыс.грн.	0.4	0.8
Прочие годовые эксплуатационные затраты, тыс.грн.	4	4
Срок службы t , лет	12	3

Годовой эффект от эксплуатации станков с учетом простоев из-за отказов:

для проектного станка $\Xi_{\Sigma} = 20(1 - 0.03) = 19.4$ тыс. дет.;

для базового станка $\Xi_{\Sigma} = 20(1 - 0.06) = 18.8$ тыс. дет.

Значения $\varphi(t)$:

для проектного станка $\varphi(t) = 0.160$;

для базового станка $\varphi(t) = 0.381$.

Значения интегральных показателей

$$I = 19.4 / (40 * 0.16 + 4.4) = 1.8 \text{ дет./млн. грн.}$$

$$I = 18.8 / (10 * 0.381 + 4.8) = 2.18 \text{ дет./млн. грн.}$$

Таблица 5 – Результаты ранжирования объектов экспертизы

№ объекта экспертизы	Оценка эксперта					Сумма рангов	Отклонение от средн. арифметич.	Квадрат отклонения от ср. ариф.
	1	2	3	4	5			
1	4	6	4	4	3	21	1	1
2	3	3	2	3	4	15	-5	25
3	2	2	1	2	2	9	-11	121
4	6	5	6	5	6	28	8	64
5	1	1	3	1	1	7	-13	169
6	5	4	5	6	5	25	5	25
7	7	7	7	7	7	35	15	225
Сумма							140	630

Степень согласованности мнений экспертов можно считать удовлетворительной.

Определим коэффициенты весомости для каждого объекта экспертизы $\delta_1 = 21 / 140 = 0,15$; $\delta_2 = 0,11$; $\delta_3 = 0,06$; $\delta_4 = 0,2$; $\delta_5 = 0,05$; $\delta_6 = 0,18$; $\delta_7 = 0,25$.

2.3. Порядок выполнения работы

1. Разделить группу студентов на шесть экспертных групп.
2. По заданию преподавателя выбрать объект экспертизы (например, автомобиль, металлорежущий станок и т.п.) и установить для него 7 – 9 основных показателей качества.
3. Каждой группе экспертов расположить показатели качества объекта экспертизы по шкале ранжирования в зависимости от степени их значимости для общей эффективности объекта экспертизы для потребителя.
4. Произвести обработку результатов экспертизы, оценить согласованность мнений экспертных групп и определить коэффициенты весомости единичных показателей качества.
5. Каждой группе экспертов представить обоснование ранжирования показателей качества и провести второй тур опроса. Произвести обработку результатов повторного опроса.
6. Составить отчет по практическому занятию. В отчете представить обоснования участников экспертных групп по ранжированию показателей качества, расчет коэффициентов весомости, коэффициента конкордации и выводы по проделанной работе.



3. ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 3 ОПРЕДЕЛЕНИЕ ИНТЕГРАЛЬНОГО И КОМПЛЕКСНЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА

Цель занятия. Освоить методику расчета интегрального и средневзвешенных арифметического и геометрического комплексных показателей качества.

3.1. Краткие теоретические сведения

Для оценки уровня качества выпускаемой продукции определяют единичные (для каждого отдельного показателя качества), комплексные (функциональные и средневзвешенные) и интегральный показатель.

Интегральный показатель определяют по формуле

$$I = \frac{\mathcal{E}_{\Sigma}}{3_c \varphi(t) + 3_z},$$

где $\mathcal{E}_{\Sigma}$ – суммарный полезный эффект при эксплуатации или потреблении продукции; 3_c – суммарные затраты на создание продукции; 3_z – затраты на эксплуатацию или потребление продукции; $\varphi(t)$ – коэффициент, учитывающий срок службы.

Если эффект $\mathcal{E}_{\Sigma}$ и эксплуатационные затраты 3_z неизменны во времени, то $\varphi(t)$ рассчитывают по формуле

$$\varphi(t) = \frac{(1 + E_H)^t}{\sum_i (1 + E_H)^i},$$

где E_H – нормативный коэффициент экономической эффективности, принимаемый равным 0,15.

Если эффект и эксплуатационные затраты изменяются со временем, то интегральный показатель рассчитывают по формуле

$$I = \frac{\sum_1^t \mathcal{E}_{\Sigma} (1 + E_H)^i}{[3_c (1 - E_H)^t + \sum_1^t 3_z (1 + E_H)^i]}.$$

Уровень качества продукции определяют отношением интегральных показателей рассматриваемой и базовой продукции

$$Y = I / I_6 = 1 + \Delta I / I_6,$$

где $\Delta I = I - I_6$ – интегральный экономический эффект, характеризующий повышение качества рассматриваемой продукции.

установлена цена $C = 175$ у.е. Себестоимость нового изделия изменилась в $D = 1,1$ раза.

Уровень качества нового образца по формуле (6) $Y = 1 + 42/140 = 1,3$. Ценовой коэффициент $K_c = (1,3 + 1,1)/2 = 1,2$. Исходя из расчетов, цена нового образца должна быть $C = 140 * 1,2 = 168$ у.е., вместо установленной 175 у.е. В данном случае эффект перераспределяется существенно в пользу производителя за счет потребителя.

При правильном распределении эффект от применения новых образцов будет равен: у производителя $\mathcal{E}_{пр} = C_6 (K_c - D) = 140 (1,2 - 1,1) = 14$ у.е.; у потребителя $\mathcal{E}_{потр} = C_6 (Y - K_c) = 140 (1,3 - 1,2) = 14$ у.е.

Задача 4. Рассмотрим четыре металлорежущих станка А, Б, В и Г, каждый из которых может быть использован в трех группах условий (1, 2 и 3). Известны средние доли числа станков, используемых в соответствующих группах условий: $\delta_1 = 0,29$; $\delta_2 = 0,24$; $\delta_3 = 0,47$. Производительность D станков по группам условий и результаты расчета приведены в таблице 7.

Таблица 7 – Производительность, шт./ч и результаты расчета

Станок	Группы условий			Q_i	Δ_{1i}	Δ_{2i}	$\varepsilon_{\max}$	Y_i
	1	2	3					
А	20	30	25	24,75	0,21	0,19	0,022	0,83
Б	25	20	30	26,15	0,15	0,24	0,029	0,88
В	15	25	50	29,7	0,48	0,56	0,155	1
Г	30	25	20	24,1	0,24	0,17	0,029	0,81

Определить уровень качества каждого станка по комплексному средневзвешенному показателю качества.

Найдем арифметический показатель и оценим возможность его применения вместо геометрического. Для станка А: $Q_A = \sum_1^3 \delta_i D_{Ai} = 0,29 * 20 + 0,24 * 30 + 0,47 * 25 = 24,75$.

Определим максимальную относительную погрешность $\varepsilon_{\max}$ замены геометрического показателя арифметическим. Найдем отклонения: $\Delta_{1A} = (D_{A\max} / Q_A) - 1 = (30 / 24,75 - 1) = 0,21$; $\Delta_{2A} = 1 - (D_{A\min} / Q_A) = 1 - (20 / 24,75) = 0,19$.

Максимальное отклонение $\Delta_{\max A} = \max \{0,21; 0,19\} = 0,21$; $\varepsilon_{\max} = \Delta_{\max}^2 / 2 =$



Таблица 6 – Основные показатели качества

Наименование показателей	Значение показателей	
	Новый образец	Базовый образец
1. Объем холодильной камеры, л	150	120
2. Объем морозильной камеры, л	16	11
3. Средний срок службы, лет	12	10
4. Стоимость, у.е.	250	200
5. Годовые эксплуатационные затраты, у.е.	18	15

Суммарный полезный эффект базового образца определяем по формуле (7)

$$\mathcal{E}_{\Sigma\delta} = 200 \cdot 0,158 + 15 = 46,6 \text{ у.е.}$$

Экспертным методом установлены коэффициенты весомости: для эстетического показателя $\gamma_1 = 0,05$; для эргономического показателя $\gamma_2 = 0,07$; для объема холодильной камеры $\delta_1 = 0,54$; для объема морозильной камеры $\delta_2 = 0,34$.

Определим изменения показателей качества $\Delta P_1 = 150 - 120 = 30$; $\Delta P_2 = 16 - 11 = 5$.

Суммарный полезный эффект оцениваемого образца рассчитываем по формуле (8)

$$\mathcal{E}_{\Sigma} = 46,6 (1 + 0,05 + 0,07 + 0,54 \cdot 30/120 + 0,34 \cdot 5/11) = 65,7 \text{ у.е.}$$

Интегральный показатель качества $I = 65,7 / (250 \cdot 0,144 + 18) = 1,22$.

Таким образом, новый образец характеризуется ростом интегрального показателя на 22% по сравнению с базовым.

Задача 2. Определить комплексный показатель качества изделия – эксплуатационную надежность $Q_{\text{эн}}$. Заданы единичные показатели качества: долговечности $Q_1 = 0,9$; безотказности $Q_2 = 0,7$; ремонтпригодности $Q_3 = 1$; и соответственно коэффициенты весомости $\delta_1 = 0,3$; $\delta_2 = 0,4$; $\delta_3 = 0,3$.

Находим средневзвешенный геометрический показатель

$$Q_{\text{эн}} = 0,9^{0,3} \cdot 0,7^{0,4} \cdot 1^{0,3} = 0,907.$$

Задача 3. Новый образец продукции в результате повышения надежности по оценке потребителя позволяет получить интегральный экономический эффект $\Delta I = 42$ у.е. При этом цена базового изделия $\Pi_6 = 140$ у.е., а на новое

С некоторой степенью приближения можно утверждать, что для потребителя полезность продукции, если она устойчиво выпускается и потребляется, соответствует розничной цене этой продукции Π_6 . Тогда

$$Y = 1 + \Delta I / \Pi_6. \quad (6)$$

Для некоторых видов продукции определение величины суммарного полезного эффекта затруднительно. Поэтому интегральный показатель базового образца условно принимается равным 1. Тогда имеет место равенство

$$\mathcal{E}_{\Sigma\delta} = \mathcal{E}_c \varphi(t) + \mathcal{E}_s. \quad (7)$$

Для нового образца, отличающегося от базового по числу свойств h , оцениваемых только экспертным методом, и по числу свойств m , характеризующихся измеримыми показателями качества, при небольшом отличии от базовых значений, годовой эффект от эксплуатации можно рассчитать по формуле

$$\mathcal{E}_{\Sigma} = \mathcal{E}_{\Sigma\delta} + \sum_{i=1}^h \Delta \mathcal{E}_i + \sum_{j=1}^m \Delta \mathcal{E}_j, \quad (8)$$

где $\Delta \mathcal{E}_i$, $\Delta \mathcal{E}_j$ – поправки к эффекту, вызываемые отличиями отдельных свойств нового образца.

$$\Delta \mathcal{E}_i = \gamma_i \mathcal{E}_{\Sigma\delta}; \quad \Delta \mathcal{E}_j = \delta_j \mathcal{E}_{\Sigma\delta} \frac{\Delta P_j}{P_{j\delta}}; \quad \Delta P_j = P_j - P_{j\delta}.$$

$$\text{После подстановки } \mathcal{E}_{\Sigma} = \mathcal{E}_{\Sigma\delta} \left(1 + \sum_{i=1}^h \gamma_i + \sum_{j=1}^m \delta_j \frac{\Delta P_j}{P_{j\delta}} \right).$$

Коэффициенты γ_i и δ_j находят, как правило, экспертным методом.

В практике мирового ценообразования используют правило, в соответствии с которым эффект от новой продукции и затраты на нее делятся между потребителем и производителем. Производитель получает прибыль как плату за риск при производстве новой продукции, а покупатель (заказчик) свою часть – как плату за риск при покупке. При этом часто распределение делается в соотношении 0,5 : 0,5.

Таким образом, можно определить предварительное значение цены нового товара путем умножения цены базового на соответствующий коэффициент K_{Π} .

$$\Pi = \Pi_6 \cdot K_{\Pi}.$$

Представим эффект от новой продукции в виде $\mathcal{E} = Y - D$, где Y – уровень качества продукции; D – степень ее удорожания относительно базового значения.

Преобразуем эту зависимость к виду $Y - D = (Y - K_{\Pi} + K_{\Pi} - D) = (Y - K_{\Pi}) +$



($K_{ц}$ - Д). Первая скобка выражает эффект для потребителя, вторая – для производителя. Приравняем их, исходя из условия деления эффекта пополам,

$$(Y - K_{ц}) = (K_{ц} - Д).$$

Откуда $K_{ц} = (Y - Д) / 2$. Если известно значение $K_{ц}$ и удорожание Д, то можно определить уровень качества $Y = 2K_{ц} - Д$.

Комплексный метод позволяет оценить качество определенной функцией нескольких единичных показателей.

Различают два способа реализации метода:

- аналитический, заключающийся в определении функциональной зависимости одного главного свойства продукции от совокупности

элементарных свойств X_i , образующих ее качество

$$П = f(X_i);$$

- средневзвешенный, предполагающий определение комплексного показателя.

При первом способе функциональная зависимость находится определением математической модели процесса использования продукции по назначению, наиболее полно отражающей ее возможности. Например, определяющим показателем для транспортных средств служит количество перевезенных грузов или пассажиров на определенное расстояние, для станков – производительность и т.д.

При комплексной оценке следует определять такую зависимость комплексного показателя от элементарных свойств, которая отражала бы физическую сущность рассматриваемого явления.

Рассмотрим несколько примеров применения аналитического комплексного показателя.

Комплексный показатель качества автобуса – годовая производительность автобуса может быть определена по формуле

$$W_a = 365 \cdot T_n \cdot V_3 \cdot q_v \cdot \gamma_v \cdot \beta_n \cdot \alpha_n,$$

где T_n – средняя продолжительность нахождения автобуса в наряде, ч; V_3 – эксплуатационная скорость автобуса, км/ч; q_v – номинальная вместимость, чел.; $\gamma_v, \beta_n, \alpha_n$ – коэффициенты использования соответственно вместимости, пробега и парка автобусов.

Для металлорежущего оборудования, станка с ЧПУ, можно выделить следующие важные для потребителя единичные показатели:

производительность, точность, безотказность и энергопотребление. Точность станка характеризуется долей производимой бездефектной продукции, поэтому можно объединить производительность и точность в более сложный показатель: производительность годных изделий. Производительность и безотказность также объединяют в производительность годных изделий с

учетом простоев из-за отказов. Наконец, если полученный показатель отнести на единицу энергопотребления, то получим комплексный показатель качества, например для станка с ЧПУ, в следующем виде

$$П = 3600(1 - m/sz)(1 - h_{np}) / (t_0 + zt_{nep} + sz t_0) N t_0,$$

где $П$ – комплексный показатель качества, характеризующий производительность станка, отнесенную к единице энергопотребления, шт./кВт · ч²; m – число дефектных деталей; S – серийность (число деталей в серии); z – число серий; h_{np} – время простоев из-за отказов в относительном виде; t_b – время ввода программы, мин.; t_{nep} – время переналадки станка, мин.; t_0 – основное время обработки одной детали, мин.; N – мощность привода главного движения станка, кВт.

Комплексный средневзвешенный показатель качества определяют по формулам:

$$а) \text{ для среднего арифметического } Q = \sum_{i=1}^m q_i \delta_{Qi};$$

$$б) \text{ для среднего геометрического } V = \prod_{i=1}^m (q_i)^{\delta_{Vi}}.$$

$$\text{При этом } \sum_{i=1}^m \delta_{Qi(Vi)} = 1; \quad \delta_{Qi(Vi)} \geq 0, \text{ где } \delta_{Qi(Vi)} - \text{коэффициенты}$$

весомости.

Применению средневзвешенных показателей должно предшествовать обоснование их состоятельности. Как правило, геометрический показатель предпочитают арифметическому, он более точен, но для простоты расчетов часто применяют арифметический. При этом необходимо показать, что погрешность из-за его применения не превышает 10%.

3.2. Набор типовых задач

Задача 1. Оценить с помощью интегрального показателя два домашних холодильника. Основные данные для расчета представлены в таблице 6.

Новый образец отличается от базового еще двумя особенностями:

- эстетические показатели нового образца лучше из-за внешнего оформления и формы;
- эргономические показатели выше из-за наличия автоматического устройства для оттаивания и удаления льда.

