

Г.А.Кондрашкова, И.В.Бондаренкова, Е.П.Дятлова

**Метрология
Стандартизация
Сертификация
Квалиметрия**

Практикум

Учебно-методическое пособие



**Санкт-Петербург
2019**

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ**

**«САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ ПРОМЫШЛЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ И ДИЗАЙНА»**

ВЫСШАЯ ШКОЛА ТЕХНОЛОГИИ И ЭНЕРГЕТИКИ

Г.А.Кондрашкова, И.В.Бондаренкова, Е.П.Дятлова

**Метрология
Стандартизация
Сертификация
Квалиметрия**

Практикум

Учебно-методическое пособие

Санкт-Петербург
2019

УДК 389 (075)
ББК 30.10я 7
К 642

Кондрашкова Г.А., Бондаренкова И.В., Дятлова Е.П. Метрология. Стандартизация. Сертификация. Квалиметрия. Практикум: учебно-методическое пособие / ВШТЭ СПбГУПТД. – СПб., 2019. – 114 с.

Практикум содержит необходимые теоретические сведения и задания для проведения практических и лабораторных занятий по дисциплинам «Метрология, стандартизация и сертификация», «Метрология и измерительная техника», «Метрология».

Предназначен для студентов, обучающихся по направлениям подготовки бакалавров 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника», 18.03.01 «Химическая технология», 18.03.02 «Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии», 27.03.04 «Управление в технических системах», 29.03.03 «Технология полиграфического и упаковочного производства» и магистров 15.04.04 «Автоматизация технологических процессов и производств» всех форм обучения.

Рецензенты:

профессор Санкт Петербургского технологического института (технического университета), д-р техн. наук Л.А.Русинов;

зав.каф. АЭиЭ Высшей школы технологии и энергетики СПбГУПТД, канд. техн. наук Е.В.Хардинов.

Подготовлен и рекомендован к печати кафедрой информационно-измерительных технологий и систем управления ВШТЭ СПбГУПТД (протокол № 6 от 28.02.2019 г.).

Утвержден к изданию методической комиссией института энергетики и автоматизации ВШТЭ СПбГУПТД (протокол № 6 от 11.03.2019 г.).

Рекомендован к изданию Редакционно-издательским советом университета в качестве учебно-методического пособия.

© Высшая школа технологии и энергетики СПбГУПТД, 2019

© Кондрашкова Г.А., Бондаренкова И.В., Дятлова Е.П., 2019

ПРЕДИСЛОВИЕ

Настоящий практикум, включающий в себя занятия по разделам дисциплин «Метрология, стандартизация и сертификация», «Метрология и измерительная техника», «Метрология», «Метрологическое обеспечение систем управления» предназначен для студентов, обучающихся по направлениям подготовки бакалавров 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника», 18.03.01 «Химическая технология», 18.03.02 «Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии», 27.03.04 «Управление в технических системах», 29.03.03 «Технология полиграфического и упаковочного производства» и магистров 15.04.04 «Автоматизация технологических процессов и производств» всех форм обучения. Выполнение предложенных в практикуме заданий направлено на формирование у обучающихся следующих умений и практических навыков:

- осуществлять обслуживание средств измерений, обеспечивая единство измерений и требуемую точность результатов измерений;
- оценивать результаты измерений в информационно-измерительных процессах и погрешности этих результатов с использованием российских и международных стандартов;
- использовать нормативные документы по качеству, стандартизации и сертификации продуктов и изделий в практической деятельности;
- обеспечивать оценку характеристик технологических процессов в соответствии с российскими и международными стандартами;
- осуществлять контроль качества выпускаемой продукции.

Целью проведения предлагаемых занятий по перечисленным выше дисциплинам является углубление и закрепление теоретического материала, приобретение знаний о метрологическом обеспечении систем контроля, управления в технологических процессах, о назначении и возможности применения основных правил и документов системы сертификации, об обеспе-

чении необходимого уровня качества продукции и услуг на базе стандартизации и сертификации, о порядке сертификации готовой продукции и услуг.

Задача проведения практических и лабораторных занятий заключается в ознакомлении студентов с правилами определения погрешностей результатов и средств измерений, проведения поверки (калибровки) средств измерений, обработки результатов измерений, с основными нормативными документами, регламентирующими деятельность в области стандартизации и сертификации, в изучении их основных положений, а также в изучении и использовании различных методов статистического контроля качества.

Предусмотрено несколько вариантов заданий, что позволяет выполнять их как всей группе студентов, так и индивидуально по вариантам, задаваемым преподавателем. Задания могут выполняться с использованием персональных компьютеров.

Для выполнения заданий студенты должны прослушать лекционный курс по соответствующему разделу и изучить дополнительный учебный материал из библиографического списка, который приведен в конце настоящего практикума. В процессе решения заданий необходимо пользоваться справочными таблицами и соответствующими стандартами.

Отчеты по выполненным заданиям сдаются преподавателю. Отчет и все необходимые графики и схемы должны быть выполнены на компьютере.

I. МЕТРОЛОГИЯ

Занятие № 1

Градуировка средств измерений

Цель занятия: научиться определять градуировочную характеристику (функцию преобразования) средств измерений [1, 2, 3].

Краткие теоретические сведения

Средствами измерений (СИ) являются измерительные технические устройства, имеющие нормированные метрологические характеристики. Под метрологическими характеристиками понимают такие свойства СИ, которые позволяют оценить результат измерения физических величин и его погрешности. СИ способно хранить и воспроизводить единицы или шкалы измеряемых величин и сохранять их размер неизменным в течение определенного времени. Техническое средство непосредственно после изготовления становится измерительным после передачи ему единицы (или шкалы) от другого более точного СИ. Эта операция называется градуировкой. В более общем смысле градуировка СИ означает определение функциональной зависимости между входной (в частности, измеряемой физической величиной) и выходной величинами с использованием образцовых СИ на входе и выходе этого СИ. При этом в любых СИ осуществляются измерительные преобразования, сопровождающиеся изменениями ряда физических величин с требуемым качеством метрологических характеристик.

Градуировка выполняется в условиях, когда измеряемая величина либо не меняется, либо ее изменением можно пренебречь, а время позволяет снимать показания после того, как указатель отсчетного устройства окончательно остановится на какой-нибудь отметке шкалы.

Различают градуировку в отдельных точках диапазона измерений и построение непрерывной градуировочной характеристики.

Градуировка в отдельных точках диапазона измерений является наиболее простой. Так, например, при градуировке ртутного термометра в двух реперных точках (при температуре таяния льда и температуре кипения воды) получают по n значений длины ртутного столба в каждой точке. Затем в центрах рассеяния наносят отметки шкалы и присваивают этим отметкам значения $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ и $100\text{ }^{\circ}\text{C}$, соответственно. Если длина ртутного столба прямо пропорциональна измеряемой температуре, то расстояние между полученными отметками шкалы можно разбить на 100 равных частей и получить термометрическую шкалу с ценой деления $1\text{ }^{\circ}\text{C}$ ¹.

¹ Такая градуировка ртутных термометров осуществлялась в прошлом, когда в качестве единицы измерения температуры использовался $^{\circ}\text{C}$. При современных температурных шкалах, основанных на объемном расширении веществ $dT = k dV$, где V – объем вещества, k – температурный коэффициент расширения вещества, ртутные термометры градуируются по образцовым манометрическим термометрам. Это связано с тем, что значение k зависит от интервала измеряемых температур, т.е. шкалы ртутных термометров нелинейны. Использование образцовых манометрических термометров обеспечивает адекватность $^{\circ}\text{C}$ и K как международных единиц измерения температуры и их перевода с учетом разницы в реперных точках, т.е. $T[\text{K}] = T[^{\circ}\text{C}] + 273,15$ [K].

Построение градуировочной характеристики предполагает две возможности. Первая из них заключается в том, что зависимость между входным воздействием и откликом на него известна (например, линейная, квадратичная, логарифмическая и т.п.), но неизвестны коэффициенты, входящие в соответствующее алгебраическое уравнение. Вторая возможность состоит в необходимости аппроксимации экспериментальных данных аналитической зависимостью [4].

Если вид градуировочной характеристики $Y = f(X)$, где X – входная величина, Y – выходная величина, известен, то задача состоит в том, чтобы в её представлении полиномом соответствующей степени

$$Y = a_0 + a_1 \cdot X + a_2 \cdot X^2 + \dots + a_m \cdot X^m$$

найти такие значения коэффициентов $a_0, a_1, a_2, \dots, a_m$, при которых эта зависимость наилучшим образом соответствовала бы экспериментальным данным.

На рис. 1.1 показаны некоторые варианты построения линейной градуировочной характеристики по экспериментальным данным, обозначенным кружочками. Вопрос о том, какой из вариантов лучше, должен решаться на основе какого-то критерия. Если значения входных воздействий X_1, X_2, \dots, X_n известны точно, а отклики на них Y_1, Y_2, \dots, Y_n подчиняются нормальному закону распределения вероятностей, то обычно используется *метод наименьших квадратов (МНК)* [5].

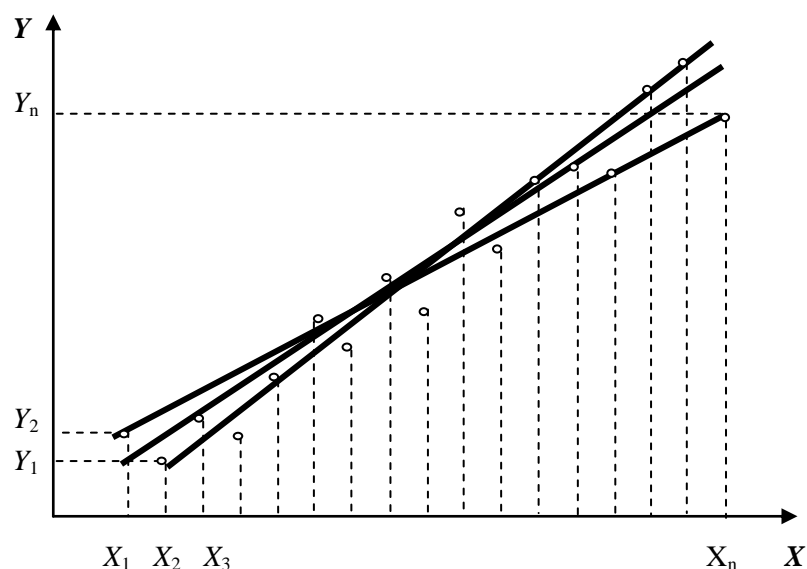


Рис.1.1. Построение линейной градуировочной характеристики по экспериментальным данным

Минимизируется сумма квадратов отклонений откликов по оси ординат от градуировочной характеристики:

$$\sum_{i=1}^n (Y_i - a_0 - a_1 \cdot X_i - a_2 \cdot X_i^2 - \dots - a_m \cdot X_i^m)^2 = \min. \quad (1.1)$$

Коэффициенты $a_0, a_1, a_2, \dots, a_m$, определяющие оптимальную по критерию наименьших квадратов градуировочную характеристику, находятся из условия равенства нулю производных от этой суммы по каждому коэффициенту.

Пример

При градуировке измерительного прибора с линейной градуировочной характеристикой получены числовые значения экспериментальных данных, представленные в табл. 1.1.

Таблица 1.1

Экспериментальные данные

i	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
X_i	41	50	81	104	120	139	154	180	208	241	250	269	301
Y_i	4	8	10	14	15	20	19	23	26	30	31	30	37

Найти методом наименьших квадратов аналитическое выражение для градуировочной характеристики и построить её графически.

Решение

1. Линейная градуировочная характеристика описывается выражением:

$$Y = a_0 + a_1 \cdot X,$$

где коэффициенты a_0 и a_1 находятся методом наименьших квадратов из условия:

$$\sum_{i=1}^{13} (Y_i - a_0 - a_1 \cdot X_i)^2 = \min,$$

где i – номер опыта.

2. Вышеприведенная функция минимальна в точке, где ее производные по a_0 и a_1 равны нулю. Поэтому коэффициенты a_0 и a_1 определяются в результате решения системы уравнений:

$$\begin{cases} \sum_{i=1}^{13} (Y_i - a_0 - a_1 \cdot X_i) = 0; \\ \sum_{i=1}^{13} (Y_i - a_0 - a_1 \cdot X_i) \cdot X_i = 0. \end{cases}$$

3. Два уравнения с двумя неизвестными имеют единственное решение. Разделим левую и правую части каждого уравнения на 13, введем обозначения:

$$\begin{aligned} \frac{1}{13} \sum_{i=1}^{13} Y_i &= \hat{Y}; \\ \frac{1}{13} \sum_{i=1}^{13} X_i &= \hat{X}; \\ \frac{1}{13} \sum_{i=1}^{13} X_i^2 &= \hat{X}^2; \\ \frac{1}{13} \sum_{i=1}^{13} Y_i \cdot X_i &= \hat{XY}, \end{aligned}$$

где \hat{Y} , \hat{X} , \hat{X}^2 , \hat{XY} – оценки средних значений.

Тогда получим выражение для коэффициентов a_0 и a_1 в форме, выходящей по своему значению за рамки частного примера:

$$\begin{aligned} a_0 &= \frac{\hat{X}^2 \cdot \hat{Y} - \hat{X} \cdot \hat{XY}}{\hat{X}^2 - \left(\hat{X} \right)^2}; \\ a_1 &= \frac{\hat{XY} - \hat{X} \cdot \hat{Y}}{\hat{X}^2 - \left(\hat{X} \right)^2}. \end{aligned}$$

4. В рассматриваемом случае $a_0 = 0,7$; $a_1 = 0,124$, так что аналитическое выражение для градуировочной характеристики имеет вид:

$$Y = 0,7 + 0,124 \cdot X.$$

Графически она построена на рис.1.2, где точками нанесены исходные экспериментальные данные.

Выражениями для a_0 и a_1 , полученными в рассмотренном примере, можно пользоваться при градуировке измерительных приборов с нелинейными градуировочными характеристиками.

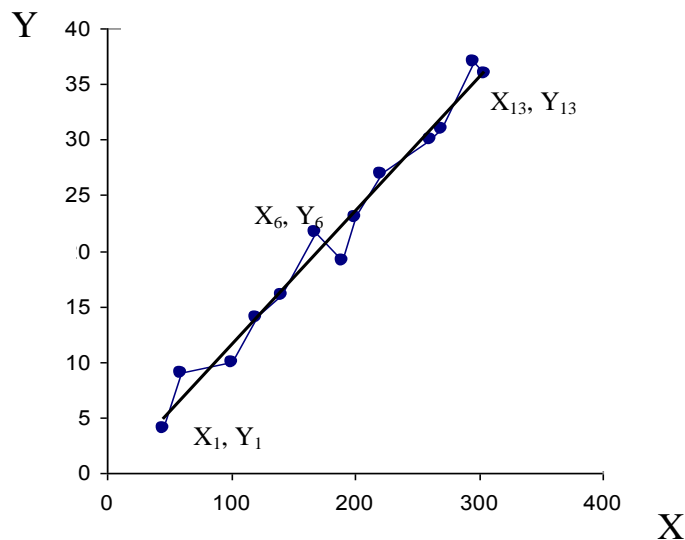


Рис.1.2. Градуировочная характеристика, найденная по МНК

Так, например, если она описывается зависимостью

$$Y = a_0 + \frac{a_1}{X},$$

то в формулы для коэффициентов a_0 и a_1 вместо X следует подставлять

$$Z = \frac{1}{X}, \text{ точно так же, если}$$

$$Y = a_0 + a_1 \cdot X^2,$$

то задача линеаризуется подстановкой $Z = X^2$.

Иногда для линеаризации может использоваться логарифмирование. Если, например,

$$Y = a_0 \cdot e^{a_1 \cdot X},$$

то после логарифмирования по основанию натуральных логарифмов получается:

$$\ln Y = \ln a_0 + a_1 \cdot X. \quad (1.2)$$

Если градуировочная характеристика СИ имеет вид:

$$Y = k_0 \cdot e^{\frac{k_1}{X}}, \quad (1.3)$$

то после логарифмирования выражения (1.3) с использованием натуральных логарифмов получим

$$\ln Y = \ln k_0 + \frac{k_1}{X}.$$

Произведя замену переменных, составим линейное уравнение относительно новых переменных:

$$Z = a_0 + a_1 \cdot W, \quad (1.4)$$

где $Z = \ln Y$, $a_0 = \ln k_0$, $a_1 = k_1$, $W = X^{-1}$.

Для линеаризации градуировочной характеристики СИ вида

$$Y = k_0 \cdot \ln \frac{X}{k_1} \quad (1.5)$$

представим выражение (1.5) в виде

$$Y = k_0 (\ln X - \ln k_1).$$

Отсюда:

$$Y = k_0 \ln X - k_0 \ln k_1,$$

и получим линейную зависимость

$$Y = a_0 + a_1 \cdot Z, \quad (1.6)$$

где $a_0 = -k_0 \cdot \ln k_1$; $a_1 = k_0$; $Z = \ln X$.

При наличии данных, аналогичных приведенным в табл.1.1, решение производится по новым переменным с учетом их значений в формулах (1.2), (1.4) и (1.6).

Если вид градуировочной характеристики неизвестен, то возникает задача отыскания наилучшей аппроксимации экспериментальных данных, полученных при градуировке, аналитической зависимостью (рис. 1.3). Решение ее методом наименьших квадратов отличается от решения предыдущей задачи только тем, что степень полинома

$$Y = a_0 + a_1 \cdot X + a_2 \cdot X^2 + \dots$$

неизвестна. Она устанавливается на основании требований к точности градуировки. После этого минимизируется выражение (1.1). Количество уравнений для определения коэффициентов a_0, a_1, a_2, \dots всегда равно числу неизвестных, так что задача имеет единственное решение. В специальной литературе она иногда называется *задачей сглаживания*.

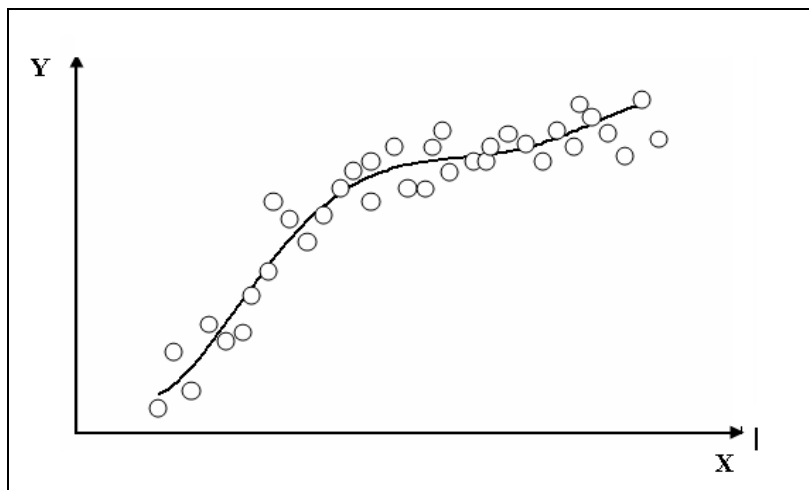


Рис.1.3. Построение градуировочной характеристики, вид которой неизвестен

Задание

При градуировке средства измерения с линейной функциональной характеристикой получены числовые значения экспериментальных данных, приведенные в табл.1.2. По полученным данным найти методом наименьших квадратов аналитические выражения для градуировочной характеристики и построить ее графически.

Таблица 1.2

Экспериментальные данные

Номер эксперимента i	Входная величина X_i	Выходные величины Y_j				
		$j = 1$	$j = 2$	$j = 3$	$j = 4$	$j = 5$
1	0	46,00	100	10	100	53
2	10	47,82	103,96	10,396	104,26	55,26
3	20	49,64	107,91	10,791	108,52	57,52
4	30	51,45	111,85	11,185	112,78	59,77
5	40	53,26	115,78	11,578	117,04	62,03
6	50	55,06	119,7	11,97	121,3	64,29
7	60	56,86	123,6	12,36	125,56	66,55
8	70	58,65	127,49	12,749	129,82	68,81
9	80	60,43	131,37	13,137	134,08	71,06
10	90	62,21	135,24	13,524	138,34	73,32

Номер эксперимента i	Входная величина X_i	Выходные величины Y_j				
		$j = 1$	$j = 2$	$j = 3$	$j = 4$	$j = 5$
11	100	63,99	139,1	13,91	142,6	75,58
12	110	65,76	142,95	14,295	146,86	77,84
13	120	67,52	146,78	14,678	151,12	80,09
14	130	69,28	150,6	15,06	155,38	82,35
15	140	71,03	154,41	15,441	159,64	84,61
16	150	72,78	158,21	15,821	163,9	86,87
17	160	74,52	162	16,2	168,16	89,13
18	170	76,26	165,78	16,578	172,42	91,38
19	180	77,99	169,54	16,954	176,68	93,64
20	190	79,71	173,29	17,329	–	–
21	200	81,43	177,03	17,703	–	–

Содержание отчета

1. Привести таблицу экспериментальных данных.
2. Привести результаты расчетов градуировочной характеристики СИ.
3. Представить функциональную зависимость $y = f(x)$ в графическом виде.
4. Сделать выводы по проделанной работе (коэффициенты для градуировочной характеристики).

Контрольные вопросы

1. Дать определение СИ.
2. Дать определение понятия «градуировка СИ».
3. В каких задачах используется метод наименьших квадратов?
4. Привести примеры линеаризации градуировочных функциональных зависимостей для СИ [6].

Занятие № 2

Поверка (калибровка) средств измерений

Цель занятия: научиться осуществлять поверку (калибровку) средств измерений [1, 2, 3].

Краткие теоретические сведения

Функциональная зависимость, или градуировочная зависимость СИ $y = f(X)$ между выходной величиной (сигналом) Y и входной измеряемой величиной X (см. занятие 1) со временем может изменяться из-за старения СИ, и появляются погрешности невоспроизводимости. Поэтому в метрологии предусматриваются операции поверки или калибровки СИ.

Поверка – установление органом государственной метрологической службы пригодности СИ к применению в эксплуатации на основании экспериментальных исследований его погрешности и сравнение размеров погрешности с установленными (нормированными) ее значениями для этого СИ [6]. Иначе подвергаются поверке СИ, подлежащие государственному контролю и надзору¹.

В сферах деятельности, где государственный метрологический надзор и контроль не является обязательным, для обеспечения метрологической исправности СИ применяется калибровка. Калибровка (калибровочные работы) – совокупность операций, выполняемых с целью определения действительных значений метрологических характеристик и установления пригодности СИ к применению, не подлежащего государственному контролю и надзору². Иначе такие СИ также подвергаются «поверке», но для использования в сферах, не подлежащих государственному надзору и контролю, хотя правила оценки их метрологических характеристик аналогичны.

Следует заметить, что сроки поверки и калибровки СИ устанавливаются путем исследования их метрологической надежности (МН). МН – это сохранение СИ его метрологических характеристик в заданных (нормированных) пределах, в определенных условиях эксплуатации (хранения) и за оговоренный период работы (хранения). В результате исследования МН СИ устанавливаются

¹ К таким СИ относятся средства измерения, используемые в учетно-расчетных операциях, оборонной промышленности, медицине, экологии.

² Для проведения калибровочных работ создана Российская система калибровки (РСК), которая регламентируется ГОСТ ИСО/МЭК 17025-2009 «Общие требования к компетентности испытательных и калибровочных лабораторий» и РМГ 120-2013 «Государственная система обеспечения единства измерений. Общие требования к выполнению калибровочных работ».

ливают межповерочный интервал для проведения поверки или калибровки СИ.

Методические указания и пример поверки термометра электрического сопротивления

Рассмотрим пример поверки термометра электрического сопротивления (ТЭС), который под воздействием температуры изменяет на выходе значение активного сопротивления R , Ом.

В табл. 2.1 приведены результаты экспериментальных данных измерения сопротивления ТЭС $R^{\text{ЭК}}$ при температуре: 0 °С, 23 °С и 100 °С.

Таблица 2.1

Данные поверки ТЭС

Номер опыта i	T_i	$R_i^{\text{ЭК}}$	$R_i^{\text{СТ}}$	$\Delta_i = R_i^{\text{ЭК}} - R_i^{\text{СТ}}$	$\delta_i = \frac{\Delta_i \times 100}{R_i^{\text{СТ}}}$
	°С	Ом	Ом	Ом	%
1	0	102,13	100	+2,13	+2,13
2	23	111,50	109,8	+1,70	+1,55
3	100	144,73	142,6	+2,13	+1,49

Измерение сопротивления $R_{\text{ТЭС}}$ осуществлялось по правилам определения результатов косвенных измерений в соответствии с правилами, изложенными в занятии № 6 с погрешностью:

$$(-\delta_c - \overset{\circ}{\delta}) < \delta < (\delta_c + \overset{\circ}{\delta}),$$

$$(-0,01\% - 0,07\%) < \delta^{\text{ЭК}} < (0,01\% + 0,07\%).$$

Эти значения $R^{\text{ЭК}}$ сравниваются со стандартными значениями $R^{\text{СТ}}$, которые должны иметь ТЭС с известным размером R_0 и α , характеризующими начальное сопротивление ТЭС и его температурный коэффициент электрического сопротивления, зависящий от материала ТЭС. В эксперименте в качестве ТЭС использовался медный ТЭС с $R_0 = 100$ Ом и $\alpha = 4,26 \times 10^{-3} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$.

Максимальное значение относительной погрешности при измерении $T_1 = 0$ °С составило $\delta_{\text{ЭК}} = \pm 2,13$ %, а допускаемое значение для медного ТЭС

при $R_o = 100$ Ом составляет $\delta_{CT} = \pm 0,5\%$. Так как $\delta_{ЭК} > \delta_{CT}$, то ТЭС бракуется и не допускается к дальнейшей эксплуатации по результатам поверки.

Задание

По результатам поверки ТЭС при $T = 0$ °С и $T = 100$ °С, экспериментальные данные которой приведены в табл. 2.2, оценить пригодность ТЭС к дальнейшей эксплуатации, если $\delta^{CT} = \pm 0,5\%$.

Таблица 2.2

Экспериментальные данные

Значение сопротивления	Единицы измерения	Варианты				
		1	2	3	4	5
$R_0^{ЭК}$ при $T=0$ °С	Ом	102,98	103,17	10,35	47,28	51,42
$R_{100}^{ЭК}$ при $T=100$ °С	Ом	146,01	141,79	14,30	65,05	76,71
R_0^{CT} при $T=0$ °С	Ом	100,00	100,00	10,00	46,00	53,00
R_{100}^{CT} при $T=100$ °С	Ом	142,60	139,10	13,90	63,99	75,58

Содержание отчета

1. Привести экспериментальные данные по форме табл. 2.1.
2. Представить результаты расчетов погрешностей ТЭС.
3. Сделать выводы по проделанной работе.

Контрольные вопросы

1. Дать определение понятия «поверка СИ».
2. Сравнить операции «поверки СИ» и «калибровки СИ».
3. По какому правилу СИ не допускают для дальнейшей эксплуатации?

Занятие № 3

Оценка погрешностей результатов однократных измерений с помощью технических средств измерений

Цель занятия: научиться определять результат измерения и погрешности результата измерения при однократных прямых измерениях с помощью средств измерений [3, 6].

Краткие теоретические сведения

Как известно, средства измерений имеют нормированные метрологические характеристики, которые представляют количественные значения основной (в нормальных или номинальных условиях эксплуатации) и дополнительных (при отклонении внешних влияющих величин от номинальных или нормальных значений) погрешностей согласно ГОСТ 8.401-80 «Государственная система обеспечения единства измерений (ГСИ). Классы точности средств измерений. Общие требования» (табл. 3.1).

При расчете погрешностей результатов однократных измерений, произведенных с помощью таких СИ, необходимо определить их размер в абсолютной или, что лучше, в относительной форме.

1. Если предел допускаемых основных погрешностей конкретного СИ пронормирован абсолютным значением погрешности по одночленной ($a=\text{const}$) или двухчленной ($a=\text{const}$ и $b=\text{const}$) формулам, то относительное значение погрешности в результате измерения величины X определяется по формулам

$$\delta = \pm \frac{a \cdot 100}{X}, \%$$

или

$$\delta = \pm \frac{(a + bX) \cdot 100}{X} = \pm \left(\frac{a}{X} + b \right) \cdot 100, \%$$

где X – результат измерения.

2. Если предел допускаемых основных погрешностей СИ пронормирован значением приведенной погрешности ($\gamma = \pm p = \text{const}$), то абсолютный размер погрешности результата измерения X составит

$$\Delta = \pm \frac{\gamma \cdot X_N}{100},$$

где X_N – нормированное значение, известное для СИ (в общем случае $X_N = X_{\text{max}} - X_{\text{min}}$ в алгебраическом смысле), а относительная величина погрешности

$$\delta = \frac{\Delta \cdot 100}{X} = \frac{\gamma \cdot X_N}{X}, \%$$

Для нелинейных шкал (степенных, логарифмических и др.) в СИ используется приведенное значение основной погрешности, отнесенное к обозначенному на шкале отрезку шкалы обычно в виде красного цвета треугольников с двух сторон:

$$\gamma = \frac{\Delta \cdot 100}{L \overbrace{\mathfrak{S}}^{\text{Г}}} = \pm p, \quad (3.1)$$

где L – длина шкалы в мм или наименованных величинах;

\mathfrak{S} – градус пространственного угла или размер измеряемой величины для этого отрезка градусов;

p – абсолютная погрешность в мм, градусах пространственного угла или наименованных измеряемых величинах.

Тогда относительное значение погрешности СИ для этого отрезка шкалы определяется по формуле

$$\delta = \frac{p \cdot 100}{L} \quad \text{или} \quad \delta = \frac{p \cdot 100}{\mathfrak{S}} \%. \quad (3.2)$$

3. Если предел допускаемых основных погрешностей конкретного СИ нормирован по значению относительной погрешности по одночленной ($q = \text{const}$) или двухчленной ($c = \text{const}$; $d = \text{const}$) зависимости, то относительный размер погрешности результата измерения определяется по зависимостям: в первом случае

$$\delta = \pm q, \%$$

во втором случае

$$\delta = \pm \left[c + d \cdot \left| \frac{X_K}{X} - 1 \right| \right], \%$$

где X_K – конечное значение измеряемой величины на шкале прибора.

Абсолютная погрешность результата измерения при одночленной форме выражения для относительной погрешности составит

$$\Delta = \pm \frac{\delta \cdot X}{100},$$

а при двухчленной форме определяется по выражению

$$\Delta = \pm \frac{1}{100} \psi \cdot X_K + \left(-d \right) X$$

При этом необходимо подчеркнуть, что в приведенных формулах следует обратить внимание на зависимость Δ или δ от измеряемых величин, что подтверждает необходимость вычислять погрешности результатов измерений независимо от обозначенных на СИ классах точности.

Кроме основной погрешности, следует оценивать дополнительную погрешность. Во-первых, она определяется по известным условиям эксплуатации СИ и нормативам воздействия внешних влияющих величин, полученным из паспортных данных. Дополнительная абсолютная погрешность от каждой j -й внешней влияющей величины вычисляется отдельно:

$$\Delta_j = \psi_j (\xi_{j\text{экс}} - \xi_{j\text{ном}}),$$

где ψ_j - функция влияния j -й внешней влияющей величины; $\xi_{j\text{экс}}$ - значение j -й внешней влияющей величины при эксплуатации СИ; $\xi_{j\text{ном}}$ - номинальное значение j -й внешней влияющей величины.

Во-вторых, дополнительные погрешности от воздействия j -й внешней влияющей величины могут задаваться пределами своего изменения $\pm \Delta_j$ для диапазона вариации внешних влияющих величин ($\xi_{\min} \div \xi_{\max}$).

Тогда абсолютная погрешность результата измерения в реальных условиях эксплуатации составит

$$\Delta_p = \Delta + \sum_{j=1}^m \Delta_j,$$

где Δ - основная погрешность СИ; m - число внешних влияющих величин, для которых в паспорте приведены функции влияния ψ_j , и их пределы изменения $\xi_{\min} \div \xi_{\max}$.

Относительная погрешность результата измерения в реальных условиях эксплуатации определяется по формуле

$$\delta_p = \pm \frac{\Delta_p \times 100}{X}, \%$$

Таким образом, результат измерения имеет неопределенность в диапазоне наименованных значений $(X - \Delta_p) < X_{\text{рез.изм}} < (X + \Delta_p)$ или в относительной форме $X_{\text{рез.изм}} = X \pm \delta_p$.

Пример

Осуществлено измерение давления манометром типа «Метран – 100 ДИ». Результат измерения $P_u = 4$ МПа на шкале от 0 до 5 МПа. Класс точности 1,0, т.е. приведенная погрешность $\gamma = \pm 1 \%$. Дополнительная погрешность от изменения температуры $\psi_{\Delta T} = \pm 0,5 \%/ \pm 10 \text{ }^\circ\text{C}$. Измерение давления осуществлялось при $T_{\text{экс}} = 5 \text{ }^\circ\text{C}$. Определить относительную погрешность СИ.

Вычислим абсолютную основную погрешность для измерения $P_u = 4$ МПа по формулам (3.1, 3.2):

$$\Delta_o = \pm \frac{\gamma \times P_N}{100},$$

где $\gamma = \pm 1 \%$, $P_N = P_{\text{max}} = 5$ МПа, т.е. $\Delta_o = \pm (0,01 \times 5) = \pm 0,05$ МПа.

Относительная основная погрешность измерения для $P_u = 4$ МПа составит (3.1, 3.2):

$$\delta_o = \pm \frac{\Delta \times 100}{P_u} = \pm \frac{0,05 \times 100}{4} = \pm 1,25\%.$$

Дополнительная погрешность от температуры (3.1, 3.2):

$$\Delta\delta_T = \psi_{\Delta T} [T_{\text{экс}} - T_{\text{ном}(\text{min})}] = \psi_{\Delta T} \Delta T_{\text{экс}},$$

где $T_{\text{экс}}$ – температура при измерении давления, $T_{\text{ном}} = T_{\text{max}} + T_{\text{min}}$, что по ГОСТ 8.401-80 составляет $(20 \pm 5) \text{ }^\circ\text{C}$, т.е. $T_{\text{ном}(\text{min})} = 15 \text{ }^\circ\text{C}$, так как номинальная температура меняется от 15 до 25 $^\circ\text{C}$.

Тогда $\Delta T_{\text{экс}} = (5 - 15) \text{ }^\circ\text{C} = -10 \text{ }^\circ\text{C}$ и $\Delta\delta_T = \pm 0,5 \% (-10 \text{ }^\circ\text{C}) / 10 \text{ }^\circ\text{C} = \pm 0,5 \%$.

В реальных условиях эксплуатации манометра измерение $P_u = 4$ МПа осуществляется с погрешностью $\delta_p = \delta_o + \Delta\delta_T = \pm (1,25 + 0,5) \% = \pm 1,75 \%$.

Задание

Рассчитать реальную погрешность измерения физической величины, если известны пределы измерения, класс точности средства измерений, его дополнительные погрешности и значение результата измерения (табл. 3.2), обозначение классов точности СИ приведены в табл. 3.1.

Классы точности СИ

Вид погрешности	Обозначение класса точности		Формула расчета основной погрешности	СИ, рекомендуемые к обозначению таким способом
	в нормативном документе	на средстве измерений		
Абсолютная (в виде буквы латинского алфавита)	класс точности N	N	$\Delta = \pm(X_{ист} - X_{изм})$	Меры
Относительная	класс точности 0,5	0,5	$\delta = \pm \frac{\Delta}{X_{ист}} \cdot 100$	Мосты, счетчики, делители, измерительные трансформаторы
	класс точности 0,02/0,01	0,02/0,01	$\delta = \pm(c + d \cdot (1 - \frac{X}{X_{max}})) \cdot 100$	Цифровые СИ, магазины сопротивлений
Приведенная	класс точности 1,5	1,5	$\gamma = \pm \frac{\Delta}{X_N} \cdot 100$	Аналоговые СИ; если X_N определяется в единицах величины
	класс точности 0,5	0,5	$\gamma = \pm \frac{\Delta}{L} \cdot 100$	Омметры; если X_N определяется частью длины шкалы L

Содержание отчета

1. Привести исходные данные для расчета погрешности результата измерения конкретным средством измерений.
2. Привести последовательность расчета реальной погрешности средств измерения в виде формул и числовых значений в соответствии с принятыми обозначениями.
3. Сделать выводы о проделанных вычислениях.

Контрольные вопросы

1. Перечислить правила нормирования погрешностей средств измерений.
2. Дать определение нормированного значения для расчета приведенной погрешности.
3. Перечислить правила нормирования дополнительных погрешностей.

Таблица 3.2

Исходные данные для расчета погрешностей результатов измерений

Физические величины	T , $^{\circ}C$	P , МПа	F , $\frac{м^3}{ч}$	L , м	T , $^{\circ}C$	P , МПа	F , $\frac{м^3}{ч}$	L , м	C , $\frac{г}{см^3}$
Пределы измерения	0 ÷ 700	0 ÷ 1	0 ÷ 70	0 ÷ 10	0 ÷ 400	0 ÷ 5	0 ÷ 120	0 ÷ 5	0 ÷ 60
Результат измерения	600	0,8	50	8	200	1	100	3	45
Класс точности	0,5	1,0	1,0/0,5	$a = \pm 0,05$	0,5/0,5	1,0	0,6	1,5	$a = \pm 0,7$ $b = \pm 0,5$
Дополнительная погрешность	$\Psi_T = \frac{\pm 0,5\%}{\pm 10^{\circ}C}$	$\Psi_T = \frac{\pm 0,1\%}{\pm 10^{\circ}C}$	$\Psi_T = \frac{\pm 0,2\%}{\pm 2^{\circ}C}$	$\Psi_T = \frac{\pm 0,3\%}{\pm 5^{\circ}C}$	$\Psi_T = \frac{\pm 0,1\%}{\pm 5^{\circ}C}$	$\Psi_T = \frac{\pm 0,2\%}{\pm 10^{\circ}C}$	$\Psi_T = \frac{\pm 0,3\%}{\pm 2^{\circ}C}$	$\Psi_T = \frac{\pm 0,4\%}{\pm 5^{\circ}C}$	$\Psi_T = \frac{\pm 0,5\%}{\pm 10^{\circ}C}$
T_p , %	20	30	40	-10	-20	15	35	45	0

Занятие № 4

Обработка результатов прямых однократных измерений

Цель занятия: приобретение студентами навыков обработки результатов прямых однократных измерений (оценивания погрешностей и неопределенности результата измерений) [7].

Краткие теоретические сведения

Прямые однократные измерения являются самыми массовыми. Они проводятся, если при измерении происходит разрушение объекта измерения, отсутствует возможность повторных измерений или существует экономическая целесообразность. Прямые однократные измерения возможны лишь при определенных условиях:

- достаточный объем априорной информации об объекте измерения, чтобы определение измеряемой величины не вызывало сомнений;
- изученный метод измерения, его погрешность (либо заранее устранена, либо оценена);
- исправные средства измерений, а их метрологические характеристики соответствуют установленным нормам.

За результат прямого однократного измерения принимается значение величины, полученное при измерении.

До измерения должна быть проведена априорная оценка составляющих погрешности. При определении доверительных границ погрешности результата измерений доверительная вероятность принимается, как правило, равной 0,95, если количество измерений (n) больше 30 (считается, что случайные погрешности соответствуют нормальному закону распределения), или реже 0,76, если принимается закон распределения Стьюдента.

Методика обработки результатов прямых однократных измерений приведена в рекомендациях [7]. Данная методика применима при выполнении следующих условий: составляющие погрешности известны; известные систематические погрешности исключены (внесены поправки на все известные источники неопределенности, имеющие систематический характер); распределение случайных погрешностей не противоречит нормальному распределению, а неисключенные систематические погрешности, представленные заданными границами $\pm\theta$, распределены равномерно.

Составляющими погрешности прямых однократных измерений являются:

- погрешности СИ, рассчитываемые по их метрологическим характеристикам;
- погрешность используемого метода измерений;
- погрешность оператора.

Названные составляющие могут состоять из неисключенных систематических и случайных погрешностей. При наличии нескольких систематических погрешностей доверительная граница результата измерения рассчитывается по формуле

$$\Theta(P) = k \sqrt{\sum_{i=1}^n \Theta_i^2},$$

где k – коэффициент, зависящий от P :

$k = 0,95$ при $P = 0,9$; $k = 1,1$ при $P = 0,95$; $k = 1,45$ при $P = 0,99$.

Случайные составляющие погрешности результата измерения выражаются средними квадратическими отклонениями (СКО) S_x с доверительными границами P . В первом случае доверительная граница случайной составляющей погрешности результата прямого однократного измерения определяется через его СКО

$$\varepsilon(P) = k_p S_x,$$

где k_p – коэффициент нормированной функции Лапласа при вероятности P (при $P = 0,95$ и $n > 30$ $k_p = 2$).

Если средние квадратические отклонения определены экспериментально при небольшом числе измерений ($n < 30$), то в данной формуле вместо коэффициента k_p следует использовать коэффициент Стьюдента, соответствующий наименьшему числу измерений.

Найденные значения $\Theta(P)$ и $\varepsilon(P)$ используются для оценки погрешности результата прямого однократного измерения. Суммарная погрешность результата измерения $D(P)$ определяется в зависимости от соотношения $\Theta(P)$ и S_x .

Если $\frac{\Theta(P)}{S_x} < 0,8$, то $D(P) = \varepsilon(P)$.

Если $\frac{\Theta(P)}{S_x} > 8$, то $D(P) = \Theta(P)$.

Если $0,8 \leq \frac{\Theta(P)}{S_x} \leq 8$, то $D(P) = k \sqrt{\Theta(P)^2 + \varepsilon(P)^2}$,

где k – коэффициент, зависящий от P : $k = 0,76$ при $P = 0,95$; $k = 0,83$ при $P = 0,99$, (по распределению Стьюдента для $n < 30$).

На этапе перехода от теории погрешностей к теории неопределенностей в соответствии с [7] наряду с оценкой погрешности необходимо также оценить неопределенность результата измерений.

Напомним, что под *неопределенностью* измерений, согласно [8], понимают *параметр, связанный с результатом измерений и характеризующий рас-*

сеяние значений, которые могли бы быть обоснованно приписаны измеряемой величине.

Оценке подлежит стандартная неопределенность результата измерений [u]. Для получения конечного результата необходимо вначале оценить неопределенность по типу А, а затем неопределенность по типу В.

Стандартную неопределенность по типу А (u_A) вычисляют по формуле

$$u_A = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}$$

или задают априори в качестве оценки среднего квадратического отклонения результата однократного измерения (S_X).

Стандартную неопределенность по типу В (u_B) при равномерном распределении X вычисляют по формуле

$$u_B = \frac{\Theta(P)}{\sqrt{3}}.$$

Суммарная стандартная неопределенность u_C равна положительному квадратному корню из суммы дисперсий:

$$u_C = \sqrt{u_A^2 + u_B^2}.$$

Пример

При однократном измерении физической величины получено показание средства измерения $X = 10$. Определить, погрешность и уточнить значение измеряемой величины, если экспериментатор обладает следующей априорной информацией о средстве измерений и условиях выполнения измерений: класс точности средства измерений $X - 4,0$; пределы измерений $X_{min} \div X_{max} = 0 \div 50$; значение аддитивной поправки $\Theta(P)_a = 0,5$; СКО $S_X = 0,1$; $P = 0,95$.

Решение

1. Оцениваем погрешность результата измерения.
 - 1.1. Анализируем имеющуюся априорную информацию: класс точности средства измерений, аддитивная поправка, СКО.
 - 1.2. При измерении получено значение: $X = 10$.

1.3. За пределы неисключенной систематической погрешности принимаем пределы наибольшей абсолютной погрешности прибора, которые находим по формуле

$$\Delta = \pm \frac{X_N \cdot \gamma}{100} = \pm \frac{50 \cdot 4,0}{100} = \pm 2,$$

где X_N – нормированное значение, в данном случае равное диапазону измерения средства измерения, $X_N = 50$; γ – нормируемый предел допускаемой приведенной погрешности, которая определяется из класса точности средства измерения $\gamma = 4,0 \%$.

Таким образом, $\Theta(P) = \pm 2$.

1.4. Находим границы случайной составляющей погрешности измерения:

$$\varepsilon(P) = k_p S_x = 12,7 \cdot 0,1 = 1,27,$$

где k_p – коэффициент Стьюдента при минимальном числе измерений.

1.5. Определяем суммарную погрешность результата измерения. Так как $\Theta > 8 \cdot S_x$, то за границы суммарной погрешности принимаем границы не-исключенной систематической погрешности.

1.6. Вносим в результат измерения поправку:

$$X_{\text{испр}} = X + (-\Theta(P)_a) = 9 - 0,5 = 8,5.$$

1.7. Записываем результат измерения $X_{\text{испр}} \pm D(P)$ при $P=0,95$:

$$8,5 \pm 2 \text{ при } P=0,95.$$

2. Оцениваем неопределенность результата измерений.

2.1. Стандартная неопределенность по типу А задана априори в виде оценки СКО результата однократного измерения (S_x). По условию задачи СКО $S_x = 0,1$, т.е. $u_A = \pm 0,1$.

2.2. Вычисляем стандартную неопределенность по типу В:

$$u_B = \frac{\Theta(P)_a}{\sqrt{3}} = \frac{0,5}{1,73} \approx 0,29.$$

2.3. Вычисляем суммарную стандартную неопределенность:

$$u_C = \sqrt{u_A^2 + u_B^2} = \sqrt{0,1^2 + 0,29^2} = \sqrt{0,01 + 0,08} \approx 0,3.$$

Задание

Уточнить значение измеряемой величины при однократном измерении. Произвести оценку погрешности и неопределенности результата однократного измерения. Исходные данные приведены в табл.4.1.

Таблица 4.1

Исходные данные

Вариант	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Показания прибора X	15	25	31	24	27	85	68	59	35	45	64	86	28	55
Пределы измерения $X_{min} \div X_{max}$	0..50	0..50	0..40	0..60	0..30	0..100	0..80	0..70	0..50	0..60	0..90	0..90	0..30	0..60
Класс точности γ	4	5	0,2	0,5	1	2	0,4	1,5	4	0,2	0,5	0,4	0,5	1
Аддитивная поправка $\theta(P)_a$	-0,5	0,5	0,2	0,5	0,1	-0,5	-0,2	-0,6	0,4	-0,5	0,2	-0,2	-0,1	0,2
СКО S_x	0,2	0,4	0,5	0,1	0,3	0,7	0,8	0,6	0,2	0,7	0,1	0,9	0,3	0,4
Вариант	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28
Показания прибора X	52	12	8	4	7	5	75	19	45	5	14	26	18	5
Пределы измерения $X_{min} \div X_{max}$	0..50	0..50	0..20	0..10	0..10	0..10	0..80	0..50	0..50	0..40	0..20	0..50	0..30	0..20
Класс точности γ	2	5	0,5	0,1	1	0,2	0,4	1	5	0,2	0,4	2	0,2	1
Аддитивная поправка $\theta(P)_a$	-0,5	0,5	0,2	0,1	0,1	-0,1	-0,5	-0,6	0,4	-0,1	0,2	-0,5	-0,2	0,1
СКО S_x	0,1	0,5	0,3	0,2	0,4	0,7	0,9	0,5	0,3	0,6	0,4	0,7	0,3	0,5

Содержание отчета

1. Привести исходные данные к задаче, согласно варианту.
2. Представить формулы и результаты расчетов: пределов неисключенной систематической погрешности; границ случайной составляющей

погрешности измерения; суммарной погрешности результата измерения; оценки неопределенности результата измерений.

3. Записать результаты измерений в принятой форме.

Контрольные вопросы

1. Условия, при которых используются прямые однократные измерения.
2. Что принимается за результат прямого однократного измерения?
3. Назовите условия, при которых применима данная методика.
4. Назовите составляющие погрешности прямых однократных измерений.
5. Дайте определение неисключенной систематической погрешности результата измерений.
6. Дайте определение случайной погрешности результата измерений.
7. Дайте определение неопределенности результата измерений.
8. Как найти стандартную неопределенность по типу А?
9. Как найти стандартную неопределенность по типу В?

Занятие № 5

Обработка данных при прямых многократных измерениях

Цель занятия: научиться определять результаты измерений и погрешности результатов измерений при многократных прямых измерениях [3, 6].

Краткие теоретические сведения

При прямых измерениях с многократными наблюдениями ставится задача оценивания результата измерения и уточнения случайных составляющих погрешности этого результата (обмен быстродействия, затраченного времени на многократные наблюдения, на точность, т.е. уточнение неопределенности среднего значения как результата измерения).

Для обработки данных используют статистические методы, разработанные для анализа случайных величин, в виде которых выступают, как правило, малые случайные погрешности. При этом подразумевается, что производится многократное наблюдение величины, которая за период наблюдения не изменяется, или ее изменения лежат в диапазоне случайного разброса.

Результатом многократного измерения является среднее арифметическое n отдельных независимых наблюдений, составляющих массив экспериментальных данных $X_1, X_2, \dots, X_i, \dots, X_n$:

$$X = X_{cp} = \frac{\sum_{i=1}^n X_i}{n}.$$

Приведенное X_{cp} является оценкой среднего значения результата измерения, так как точного знания этого результата измерения получить невозможно из-за ограниченного объема экспериментальных данных.

Дисперсия среднего арифметического значения составит

$$\sigma_{\bar{x}}^2 = D \left[\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X_i \right] = \frac{1}{n^2} \sum_{i=1}^n D X_i = \frac{n \sigma_X^2}{n^2} = \frac{\sigma_X^2}{n},$$

т.е. в n раз меньше дисперсии каждого из результатов измерения. Иначе СКО результата многократного измерения – его случайная составляющая погрешности – определяется зависимостью

$$\sigma_{\bar{x}} = \frac{\sigma_X}{\sqrt{n}},$$

что позволяет уточнить неопределенность среднего по сравнению с неопределенностью каждого наблюдения в \sqrt{n} раз.

Если априори, до опыта, известны систематические составляющие погрешности, то в массив экспериментальных данных вносятся поправки ($\Delta_n = -\Delta_c$).

Поскольку кроме систематических и случайных составляющих в массиве экспериментальных данных могут наблюдаться промахи, которые представляют собой большие случайные погрешности, не принадлежащие этому ряду измерений (ошибки, описки и т. п.), то статистические методы оценивания случайных составляющих погрешностей позволяют выявить сомнительный результат измерения, содержащий промах, и исключить его из анализа (см. занятие № 6).

Рассмотрим пример обработки массива экспериментальных данных (табл. 5.1). В таблице приведены 15 (графа 1) наблюдений при измерении температуры T_i в °С (графа 2).

Таблица 5.1

Экспериментальные данные наблюдения температуры

i	T_i [C]	$\Delta T_i = T_i - \bar{T}$	$\Delta T_i^2 \times 10^6$
1	20,42	+0,016	256
2	20,43	+0,026	676
3	20,40	-0,004	016
4	20,43	+0,026	676
5	20,42	+0,016	256
6	20,43	+0,026	676
7	20,39	-0,014	196
8	20,30	-0,104	10816
9	20,40	-0,004	016
10	20,43	+0,026	676
11	20,42	+0,016	256
12	20,41	+0,006	036
13	20,39	-0,014	196
14	20,39	-0,014	196
15	20,40	-0,004	016

Согласно априорной информации, систематических составляющих погрешностей нет, а разброс наблюдений подчиняется нормальному закону распределения вероятностей.

Тогда среднее арифметическое 15 наблюдений температуры T_i составит

$$\bar{T} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n T_i = 20,404^\circ C.$$

СКО случайной составляющей погрешности для ряда наблюдений вычисляется по формуле

$$\overset{\circ}{\sigma}_T = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\bar{T} - T_i)^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n \Delta T_i^2}{n-1}} = 0,033^\circ\text{C},$$

а для среднего арифметического результата измерения

$$\overset{\circ}{\sigma}_{\bar{T}} = \frac{\overset{\circ}{\sigma}_T}{\sqrt{n}} = \frac{0,033}{\sqrt{15}} = \frac{0,033}{3,873} = 0,008^\circ\text{C}.$$

Рассчитаем оценку случайной составляющей погрешности, с учетом нормального закона распределения вероятностей разброса наблюдений и задаваясь доверительной вероятностью этой оценки $P = 0,997$ ($k_P = 3$), получим

$$\overset{\circ}{\Delta}_T = k_P \cdot \overset{\circ}{\sigma}_{\bar{T}} = 3 \cdot \overset{\circ}{\sigma}_{\bar{T}} = 0,024^\circ\text{C},$$

т. е. после округления результат измерения температуры можно представить в одном из двух вариантов:

$$T = 20,40^\circ\text{C}; \Delta = \pm 0,02^\circ\text{C}; P = 0,997$$

или

$$T = (20,40 \pm 0,02)^\circ\text{C}; P = 0,997.$$

Задание

По экспериментальным данным (табл. 5.2) многократных наблюдений при прямом измерении постоянного тока I_i вычислить результат измерения \bar{I} и его случайную составляющую погрешности $\overset{\circ}{\Delta}_i$ при

- $P = 0,68$ ($k_P = 1$);
- $P = 0,95$ ($k_P = 2$);
- $P = 0,997$ ($k_P = 3$).

Таблица 5.2

Экспериментальные данные измерения постоянного тока I_i , мА

№ наблю- дения	Варианты							
	1	2	3	4	5	6	7	8
X_1	2,96	0,04	0,26	0,08	0,75	2,16	1,93	0,92
X_2	3,94	1,10	1,28	0,93	0,01	1,24	2,56	0,56
X_3	4,29	0,37	0,52	0,06	1,12	2,09	3,24	0,11
X_4	2,98	1,38	0,12	0,06	0,32	1,18	3,73	0,73
X_5	1,91	2,21	0,64	0,91	0,36	2,04	2,52	0,90
X_6	1,03	2,87	0,56	0,32	0,82	1,14	3,13	0,24
X_7	0,32	1,82	0,08	0,21	1,78	0,40	2,03	0,21
X_8	0,29	2,57	0,60	0,30	2,57	0,21	1,13	0,98
X_9	0,37	1,22	0,49	0,10	1,22	2,49	1,87	0,73
X_{10}	0,21	2,11	0,23	0,52	2,11	1,43	1,49	0,49
X_{11}	0,77	3,17	1,03	0,59	1,50	0,91	1,99	0,97
X_{12}	0,44	2,06	1,38	0,48	2,34	1,82	1,10	0,96
X_{13}	1,44	1,15	1,67	0,56	3,03	2,56	0,36	0,04
X_{14}	0,65	2,01	1,90	0,59	1,87	1,57	1,36	0,85
X_{15}	0,02	2,72	2,10	0,41	0,92	0,76	2,18	0,75
X_{16}	1,07	1,70	0,65	0,45	0,14	0,09	2,86	0,84
X_{17}	1,94	0,85	1,06	0,24	1,24	0,47	1,82	0,60
X_{18}	1,06	0,17	0,20	0,52	0,41	0,69	0,96	0,30
X_{19}	0,45	0,96	0,36	0,33	0,96	1,59	0,43	0,20
X_{20}	0,24	1,90	0,93	0,14	1,90	0,70	1,44	0,87

Содержание отчета

1. Привести экспериментальные данные по форме табл. 5.1. Рассчитать значения результата измерения и его случайной составляющей погрешности.
2. Сделать выводы по проделанной работе.

Контрольные вопросы

1. Дать определения систематической и случайной составляющих погрешности и промахов.
2. Какой метод используют для определения результата измерения и его случайной составляющей погрешности при прямых многократных измерениях?
3. От каких критериев зависит размер оценки случайной составляющей погрешности?

Занятие № 6

Анализ погрешностей результатов косвенных измерений

Цель занятия: научиться оценивать погрешности косвенных измерений физических величин и сформулировать требования к точности измерений непосредственно измеряемых величин – аргументов функциональной зависимости результатов косвенных измерений от прямых измеряемых величин [1, 2, 3].

Краткие теоретические сведения

При косвенных измерениях значение искомой величины Z вычисляют по результатам прямых измерений других величин X_i , функционально связанных с искомой. Функциональная зависимость $Z(X_1, X_2, X_3, \dots, X_n)$, как правило, задается в виде формулы $Z = f(\vec{X})$.

Обычно рекомендуют провести вначале обработку результатов каждого из прямых измерений, затем по полученным оценкам центров распределений величин X_i вычислить оценку искомой величины Z и, наконец, по оценкам погрешностей оценок X_i вычислить оценку погрешностей окончательного результата, как будет описано ниже.

Но для оценивания случайной составляющей погрешности результата возможен и другой путь: многократно повторить процедуру, состоящую из однократных измерений всех X_i и вычисления Z , получить таким образом выборку значений Z со статистическим разбросом и обработать ее с помощью вероятностно-статистических методов стандартным способом. Достоинство этого метода состоит в том, что он не требует знания характеристик составляющих случайной погрешности, экспериментатор имеет дело сразу с их суммой. Тем не менее, его применяют реже. Поэтому вернемся к задаче вычисления оценки погрешности окончательного результата по оценкам погрешностей непосредственно измеренных величин X_i .

Поскольку погрешности этих величин предстоит суммировать, удобно характеризовать их оценками СКО S_i .

Наиболее простая функциональная зависимость – линейная комбинация $Z = b_1 X_1 + b_2 X_2 + \dots + b_n X_n$. Переходя к дифференциалам как аналогам малых погрешностей, получаем

$$dZ = b_1 \cdot dX_1 + b_2 \cdot dX_2 + \dots + b_n \cdot dX_n$$

или

$$\Delta_Z = b_1 \Delta_{X_1} + b_2 \Delta_{X_2} + \dots + b_n \Delta_{X_n}, \quad (6.1)$$

где $\Delta_{X_1}, \Delta_{X_2}, \dots, \Delta_{X_n}$ – абсолютные погрешности прямых измерений; Δ_Z – абсолютная погрешность косвенного результата измерения.

Для систематических составляющих погрешностей Δ_c формула (6.1) рассматривается как алгебраическая сумма погрешностей результатов прямых измерений:

$$\Delta_{Zc} = \sum_{i=1}^n b_i \cdot \Delta_{X_{ic}}, \quad (6.2)$$

а для случайных составляющих погрешностей $\overset{\circ}{\Delta}_Z$ – как геометрическая сумма:

$$\overset{\circ}{\Delta}_Z^2 = \sum_{i=1}^n b_i^2 \cdot \overset{\circ}{\Delta}_{X_i}^2. \quad (6.3)$$

Немного сложнее случай, когда искомая величина выражается в виде произведения $Z = X_1^{c_1} \cdot X_2^{c_2} \cdot \dots \cdot X_m^{c_m}$. Это произведение сначала логарифмируют и только после этого переходят к дифференциалам, получая

$$\ln Z = c_1 \cdot \ln X_1 + c_2 \cdot \ln X_2 + \dots + c_m \cdot \ln X_m \quad (6.4)$$

и

$$\frac{dZ}{Z} = c_1 \frac{dX_1}{X_1} + c_2 \frac{dX_2}{X_2} + \dots + c_m \frac{dX_m}{X_m} \quad (6.5)$$

или

$$\delta_Z = c_1 \cdot \delta_{X_1} + c_2 \cdot \delta_{X_2} + \dots + c_m \cdot \delta_{X_m} = \sum_{j=1}^m c_j \cdot \delta_{X_j}. \quad (6.6)$$

Видно, что, в отличие от предыдущего случая, когда суммировались абсолютные погрешности, здесь суммируются относительные погрешности. Систематические относительные составляющие суммируются со своими знаками с учетом знаков показателей c_j , т.е. алгебраически

$$\delta_{Zc} = \sum_{j=1}^m c_j \delta_{X_j c}. \quad (6.7)$$

Случайные погрешности суммируются по правилу сложения дисперсий, т.е. геометрически

$$\overset{\circ}{\delta}_Z^2 = c_1^2 \overset{\circ}{\delta}_{X_1}^2 + c_2^2 \overset{\circ}{\delta}_{X_2}^2 + \dots + c_m^2 \overset{\circ}{\delta}_{X_m}^2 = \sum_{j=1}^m c_j^2 \overset{\circ}{\delta}_{X_j}^2. \quad (6.8)$$

Отметим особенность косвенных измерений, заключающуюся в том, что для каждого возможного значения Z нельзя заранее оценить инструментальную погрешность (как это делается при прямых измерениях). Дело в том, что одно и то же значение Z может быть получено при различных сочетаниях непосредственно измеряемых величин, а значит, и при различных погрешностях их измерения. Получив окончательный результат и отбросив промежуточные данные, экспериментатор уже не может восстановить исходное сочетание величин X_j .

Это особенность была не очень заметной, пока результаты косвенных измерений обрабатывались вручную. Но при переходе к автоматизированным экспериментальным установкам и измерительным информационным системам (ИИС) невозможность их метрологической аттестации по образцу простых приборов стала вызывать определенные трудности. Для их преодоления пришлось возложить оценивание погрешностей косвенных измерений на вычислительные средства, входящие в состав самих ИИС. Были разработаны нормативные документы, согласно которым оценки погрешностей косвенных измерений должны вычисляться для каждого получаемого результата параллельно с вычислениями самого этого результата. Для вычисления оценок погрешностей должны быть предусмотрены специальные программы.

Следует подчеркнуть, что, исходя из зависимостей (6.1 – 6.8), можно сформулировать требования к точности измерения непосредственно измеряемых величин X_i и X_j , которые связаны с искомым значением косвенных измерений известной зависимостью $Z = f(X_1, X_2, \dots, X_n)$. Используя правило равноточных измерений, все составляющие погрешностей прямых измерений в абсолютной и относительной формах, примерно, должны быть одинаковы по размеру, что с учетом коэффициентов влияния b_i и c_j предъясвляет требования к выбору Δ_i и δ_j .

Рассмотрим пример расчета погрешностей косвенных измерений.

Для точного измерения значений сопротивления R_x обычно используют метод их расчета по закону Ома:

$$R_x = \frac{U}{I}, \quad (6.9)$$

где I и U – ток и напряжение, соответственно.

Кроме того, так как точные амперметры в лабораториях отсутствуют, а потенциометры обладают достаточно хорошими метрологическими характеристиками, то и значения токов предпочтительно измеряют с помощью потенциометра, определяя падение напряжения на образцовых сопротивлениях $R_{обр}$, включенных последовательно с искомым значением сопротивления R_x .

Тогда значение тока I вычисляют, зная падение напряжения $U_{обр}$ на образцовом сопротивлении $R_{обр}$:

$$I = \frac{U_{обр}}{R_{обр}}. \quad (6.10)$$

Откуда искомое сопротивление вычисляют по зависимости

$$R_X = \frac{U_X}{U_{обр}} \cdot R_{обр}, \quad (6.11)$$

где U_X – падение напряжения на R_X .

Используя формулы (6.7) и (6.8), получим выражения для систематических и случайных составляющих погрешностей косвенного измерения R_X :

$$\delta_{R_X c} = \delta_{U_X c} - \delta_{U_{обр} c} + \delta_{R_{обр} c} \quad (6.12)$$

и

$$\delta_{R_X}^o = \delta_{U_X}^o + \delta_{U_{обр}}^o + \delta_{R_{обр}}^o, \quad (6.13)$$

где $\delta_{R_X c}$ и $\delta_{R_X}^o$ – систематическая и случайная составляющие погрешности измерения R_X , соответственно.

Основная статическая погрешность потенциометра $\delta_n = \delta_{U_X} = \delta_{U_{обр}} = \pm 0,05\%$, образцовое манганиновое сопротивление известно с погрешностью $\delta_{R_{обр}} = \pm 0,01\%$, тогда

$$\delta_{R_X c} = \delta_{U_X c} - \delta_{U_{обр} c} + \delta_{R_{обр} c} = \delta_{R_{обр} c},$$

$$\delta_{R_X c} = \delta_{R_{обр} c} \leq \pm 0,01\%,$$

$$\delta_{R_X}^o = \delta_{U_X}^o + \delta_{U_{обр}}^o + \delta_{R_{обр}}^o,$$

$$\delta_{R_X}^o = [(0,05)^2 + (0,05)^2 + (0,01)^2]^{1/2} \cong \pm 0,07\%.$$

На основании этого можно утверждать, что погрешность измерения сопротивления R_X находится в пределах

$(\delta_{R_X c} - \delta_{R_X}^o) < \delta_{R_X} < (\delta_{R_X c} + \delta_{R_X}^o)$, и, рассчитывая максимальные пределы погрешности измерения R_X с учетом знаков систематической погрешности, получим $-0,08\% < \delta_{R_X} < +0,08\%$ или $\delta_{R_X} = \pm 0,08\%$.

Задание

Вариант 1

Найти систематическую и случайную составляющие погрешности косвенного результата измерения силы F по зависимости $F = m \cdot a$, где m – масса тела; a – ускорение.

Дано:

$$\delta_{mc} = \pm 0,1\%, \overset{\circ}{\delta}_m = \pm 0,05\%, \delta_{ac} = \pm 0,02\%, \overset{\circ}{\delta}_a = \pm 0,07\%.$$

Вариант 2

Найти систематическую и случайную составляющие погрешности косвенного результата измерения излучательности R_l по зависимости $R_l = \alpha \cdot T^4$, где α – постоянная Стефана-Больцмана ($5,67 \cdot 10^{-8}$ Вт/(м²·К⁴); T – абсолютная температура.

$$\text{Дано: } \overset{\circ}{\delta}_\alpha = \pm 10^{-3} \text{ отн.ед.}, \delta_{Tc} = \pm 10^{-4} \text{ отн.ед.}, \overset{\circ}{\delta}_T = \pm 10^{-5} \text{ отн.ед.}$$

Вариант 3

Найти систематическую и случайную составляющие погрешности косвенного результата измерения энергии магнитного поля соленоида W по зависимости $W = \frac{B \cdot H}{2} \cdot S \cdot l$, где B – магнитная индукция; H – коэрцитивная сила; S – площадь соленоида; l – длина соленоида.

Дано:

$$\delta_{Bc} = \pm 0,4\%, \overset{\circ}{\delta}_B = \pm 0,2\%, \delta_{Hc} = \pm 0,6\%, \overset{\circ}{\delta}_H = \pm 0,5\%,$$
$$\delta_{Sc} = \pm 0,1\%, \overset{\circ}{\delta}_S = \pm 0,05\%, \delta_{lc} = \pm 0,05\%, \overset{\circ}{\delta}_l = \pm 0,02\%.$$

Вариант 4

Найти систематическую и случайную составляющие погрешности косвенного результата измерения мощности тока P по зависимости $P = I^2 \cdot R$, где I – ток; R – активное сопротивление.

Дано:

$$\delta_{Ic} = \pm 0,5\%, \overset{\circ}{\delta}_I = \pm 0,1\%, \delta_{Rc} = \pm 0,3\%, \overset{\circ}{\delta}_R = \pm 0,05\%.$$

Вариант 5

Найти систематическую и случайную составляющие погрешности косвенного результата измерения объемного расхода вещества F , измеряемого расходомером переменного перепада давления, по зависимости

$F = 4 \cdot 10^3 \cdot \alpha \cdot \varepsilon \cdot m \cdot D^2 \cdot \sqrt{\frac{\Delta P}{\rho}}$, где α – коэффициент расхода; ε – коэффициент сжатия вещества; m – модуль сужающего устройства; D – диаметр трубопровода; ΔP – перепад давления на сужающем устройстве; ρ – плотность вещества.

Дано: α и m – постоянные величины;

$$\delta_{\varepsilon} = \pm 0,7\%, \overset{\circ}{\delta}_{\varepsilon} = \pm 0,5\%;$$

$$\delta_{Dc} = \pm 0,1\%, \overset{\circ}{\delta}_{D} = \pm 0,2\%;$$

$$\delta_{\Delta P c} = \pm 0,5\%, \overset{\circ}{\delta}_{\Delta P} = \pm 0,4\%;$$

$$\delta_{\rho c} = \pm 0,8\%, \overset{\circ}{\delta}_{\rho} = \pm 0,3\%.$$

Содержание отчета

1. Изложить задания по расчету погрешности косвенного результата измерения искомой величины.
2. Привести формулы для расчета систематической и случайной составляющих погрешности косвенного результата измерения искомой величины.
3. Произвести расчет количественного значения составляющих погрешности косвенного результата измерения искомой величины.

Контрольные вопросы

1. Дать определение понятия косвенного измерения величин.
2. Как определяются погрешности косвенного измерения величин при линейных зависимостях искомой величины от результатов непосредственно измеряемых?
3. Как определяются погрешности косвенного измерения величин при степенной зависимости искомой величины от результатов прямых измерений [6]?

Обнаружение и исключение промахов из прямых наблюдений при многократных измерениях

Цель занятия: научиться определять результаты измерений и погрешности результатов измерений при многократных прямых измерениях без промахов [3, 6].

Краткие теоретические сведения

В рядах прямых многократных измерений выделяют систематические, случайные составляющие погрешности и промахи.

Под промахами понимают большие (грубые) случайные погрешности, результаты измерения, которые не принадлежат рассматриваемому ряду измерений.

Задачей изучения промахов является их обнаружение для исключения результата измерения, содержащего промах, из рассмотрения конкретных данных прямых многократных измерений.

Существует ряд способов для обнаружения промахов.

Во-первых, если наблюдения прямых многократных измерений подчиняются нормальному закону распределения вероятностей, то все случайные значения данных X_i с доверительной вероятностью $P_a = 0,997$ концентрируются в окрестностях среднего значения $\bar{X} \pm 3\sigma$ (см. занятия № 3, 5). В этом случае считается, что результат наблюдения с вероятностью $P_{пром} \leq 0,003$ маловероятен и его отклонение за интервал $\bar{X} - 3\sigma; \bar{X} + 3\sigma$ или $(\bar{X} - X_{пром}) \geq 3\sigma$ с большой уверенностью можно рассматривать как промах.

После этого наблюдение, содержащее промах, исключается из рассмотрения, и значения \bar{X} и σ рассчитываются заново.

Во-вторых, если число наблюдений невелико ($n \leq 10$), то можно воспользоваться критерием Шовине для обнаружения промаха в ряду прямых многократных измерений. В этом случае промахом отягощено наблюдение $X_{пром}$, если разность $|\bar{X} - X_{пром}|$ принимает значения, приведенные ниже в зависимости от числа наблюдений:

$$|\bar{X} - X_{пром}| > \begin{cases} 1,6 \times \sigma \text{ при } n = 3 \\ 1,7 \times \sigma \text{ при } n = 6 \\ 1,9 \times \sigma \text{ при } n = 8 \\ 2,0 \times \sigma \text{ при } n = 10 \end{cases}$$

Рассмотрим пример, в котором согласно априорной информации наблюдения за температурой, T_i [°C] (занятие № 5) подчиняется нормальному закону распределения вероятностей, и данные сведены в табл.5.1. Проанализируем эти данные с точки зрения наличия в них промахов.

Среднее арифметическое 15 наблюдений температуры

$$\bar{T} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n T_i = \frac{1}{15} \sum_{i=1}^{15} T_i = 20,404^\circ\text{C}.$$

СКО случайной составляющей погрешности для ряда наблюдений вычисляется по формуле

$$\sigma_T = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (T_i - \bar{T})^2}{n-1}} = 0,033^\circ\text{C}.$$

С доверительной вероятностью $P_a = 0,997$ все результаты наблюдений должны лежать в интервале

$$(\bar{T} \pm 3\sigma) = (20,404 \pm 0,099)^\circ\text{C}$$

или

$$\begin{aligned} (\bar{T} - T_{\text{пром}}) &\geq 3\sigma; \\ (20,404 - T_{\text{пром}}) &\geq 0,099^\circ\text{C}. \end{aligned}$$

Как следует из анализа данных 15 наблюдений температуры, во 2-й графе больше чем на $3\sigma = 0,099$, от среднего значения отличается $T_8 = T_{\text{пром}}$. Следовательно, его можно считать промахом, и результат наблюдения T_8 исключить из анализа.

Без T_8 новое среднее арифметическое значение $\bar{T} = 20,411^\circ\text{C}$, а СКО составит

$$\sigma_T = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{14} (\Delta T_i)^2}{14-1}} = 0,016^\circ\text{C}.$$

Ни одно из оставшихся 14 значений T_i не отличается от среднего арифметического больше, чем на $3\sigma = 0,048^\circ\text{C}$, следовательно, в этом ряду наблюдений нет промахов.

Задание

При обработке экспериментального ряда наблюдений ($N=20$) по табл.7.1 определить двумя способами наличие промахов в заданном ряду.

Таблица 7.1

Экспериментальные данные значений постоянного тока I_i , мА

№ наблю- дения	Варианты							
	1	2	3	4	5	6	7	8
X_1	0,81	0,40	0,77	0,70	0,73	0,61	1,82	0,43
X_2	0,06	0,55	0,44	0,18	0,57	0,83	2,57	0,20
X_3	1,15	0,40	1,44	0,48	0,53	0,88	3,18	0,19
X_4	2,06	0,21	0,65	0,51	0,35	0,75	3,67	0,36
X_5	2,80	0,66	0,02	0,73	0,92	0,75	2,47	0,78
X_6	1,69	0,25	1,07	0,21	0,68	0,75	3,09	0,92
X_7	2,49	0,83	1,94	0,46	0,44	0,13	2,00	0,48
X_8	1,43	0,68	1,06	0,12	0,35	0,04	2,71	0,24
X_9	0,37	0,78	0,30	0,89	0,18	0,31	2,34	0,52
X_{10}	0,91	0,91	0,10	0,61	0,41	0,93	3,03	0,18
X_{11}	0,57	0,30	1,93	0,85	0,16	0,96	1,69	0,12
X_{12}	1,57	0,80	2,65	0,04	0,38	0,59	2,46	0,24
X_{13}	2,40	0,63	3,24	0,09	0,74	0,82	3,09	0,02
X_{14}	3,08	0,18	3,73	0,11	0,38	0,04	2,00	0,66
X_{15}	1,92	0,64	2,52	0,20	0,61	0,65	1,10	0,41
X_{16}	2,68	0,94	3,13	0,01	0,06	0,42	0,36	0,58
X_{17}	1,59	0,80	2,03	0,58	0,22	0,95	0,24	0,38
X_{18}	0,70	0,57	1,13	0,04	0,68	0,75	0,73	0,34
X_{19}	0,59	0,71	0,52	0,56	0,63	0,78	1,44	0,33
X_{20}	0,41	0,41	0,33	0,41	0,48	0,48	1,27	0,31

Содержание отчета

1. Привести экспериментальные данные по форме табл.7.1.
2. Изложить результаты определения промахов.
3. Исключить из рассмотрения значения наблюдения, как содержащего промах, и рассчитать новые значения диапазона случайных погрешностей.
4. Осуществить проверку наличия промахов в новом ряду данных.
5. Сделать выводы по проделанной работе.

Контрольные вопросы

1. Дать определение промаха.
2. Изложить способ обнаружения промахов при достаточной статистической выборке.
3. Изложить способ обнаружения промахов при малом числе наблюдений.

II. СТАНДАРТИЗАЦИЯ

Занятие № 8

Определение подлинности товара по штрих-коду международного стандарта EAN

Цель занятия: изучить методику международного стандарта EAN и научиться определять подлинность товара по тринадцатиразрядному штрих-коду [1, 9, 10].

Краткие теоретические сведения

С 1 января 1997 г. Россия стала участницей Международной конвенции «О гармонизированной системе описания и кодирования товаров», что позволило представлять наши товары на мировом рынке, использовать кодирование в транспортных тарифах и статистике грузоперевозок, детализировать таможенные процедуры при электронных расчетах между партнерами. Гармонизированная система действует согласованно со стандартной международной классификацией ООН.

Введены основные Правила классификации гармонизированной системы описания и кодирования товаров – номенклатура гармонизированной системы, которая используется нашей страной во внешнеторговой деятельности. Эта система была подготовлена сотрудниками более 59 стран, а также сотрудниками ГАТТ (Генеральное соглашение по тарифам и торговле), международной торговой палатой МТП, международной организацией по стандартизации (ИСО) и стала стандартной международной классификацией ООН.

В основу системы кодирования товаров положены штрих-коды, используемые для автоматизации товародвижения. Наиболее широко распространен тринадцатиразрядный код EAN-13, разработанный в 1976 г. на базе кода UPC (Universal Product Code). Суть технологии состоит в нанесении метки в виде последовательности линий, заменяющих вместе с пробелами между линиями числовые значения. Считывание информации со штрих-кода производится оптическими автоматами (сканерами).

К достоинствам применения штрих-кодовой идентификации можно отнести следующие:

- снижение бумажного документооборота и количества ошибок;
- повышение скорости обработки;
- автоматизация товародвижения.

Основными недостатками штрих-кодовой идентификации являются следующие:

- данные идентификационной метки не могут дополняться – штриховой код записывается только один раз при его печати;
- небольшой объем данных (обычно не более 50 байт);
- данные на метку заносятся медленно, так как наклеивание липкой этикетки со штрих-кодом часто выполняется вручную;

- данные на метке представлены в открытом виде и не защищают товары от подделок и краж;
- штрих-кодовые метки недолговечны, так как не защищены от пыли, сырости, грязи, механических воздействий.

В настоящее время штрих-кодовая идентификация начинает вытесняться технологией радиочастотной идентификации.

Штрих-код EAN-13 – это набор из 13 цифр и их зашифрованное обозначение в форме чередующихся черных и белых тонких полосок.

Этот стандарт штрих-кодирования был разработан международной организацией товарной нумерации GS1, чьим представительством в России является «Ассоциация автоматической идентификации UNISCAN / GS1 Russia».

Комбинация цифр в штрих-коде EAN-13 является уникальной, т.е. идентичной комбинации из 13 цифр не найдется ни в одной стране мира. Это обусловлено тем, что каждой стране – члену GS1 – были присвоены определенные комбинации из двух (иногда трех) цифр, обозначающие эту страну (Приложение 8.1). Так, например, России был выделен диапазон 460-469, но на данном этапе для маркировки товаров в России используется лишь 460.

Пример штрих-кода приведен на рис.8.1.



Рис.8.1. Штрих-код товара

Первые две (иногда три) цифры определяют страну происхождения товара, т.е. это код страны-изготовителя или продавца. В нашем случае 460 – это код России. Следующие за ними 4 или 5 цифр (в зависимости от длины кода страны) являются уникальным кодом производителя товара. Это код предприятия-изготовителя или продавца. В штрих-коде, приведенном на рис.8.1, – это код 6453. Этот производитель обязательно должен быть зарегистрированным в национальном представительстве GS1, чтобы получить право использовать штрих-код с таким номером.

Следующие пять цифр обозначают код товара в списке производителя. Причем, первая цифра – наименование товара, вторая цифра – потребительские свойства, третья цифра – размеры или массу, четвертая цифра – ингредиенты, пятая цифра – цвет.

Это вся информация, которую может сообщить штрих-код стандарта EAN-13. Но это всего двенадцать цифр. Последняя, тринадцатая, цифра в штрих-коде – это контрольная цифра, используемая для проверки правильности считывания штрихов сканером. Она является своего рода знаком качества

данного штрих-кода, так как она сообщает сканеру штрих-кода о том, что данный код является подлинным.

Иногда справа на штрих-коде указывается еще одна цифра или специальный знак « > ». Это означает, что товар выпущен по лицензии [9].

Следует обратить внимание потребителей на то, что код страны никогда не состоит из одной цифры. Иногда код, нанесенный на этикетку, не соответствует стране-изготовителю, заявленной на упаковке, тут причин может быть несколько. Первая: фирма была зарегистрирована и получила код не в своей стране, а в той, куда направлен основной экспорт ее продукции. Вторая: товар был изготовлен на дочернем предприятии. Третья: возможно, товар был изготовлен в одной стране, но по лицензии фирмы из другой страны. Четвертая: когда учредителями предприятия становятся несколько фирм из различных государств.

Методические указания и пример определения подлинности штрих-кода

Для проведения оценки подлинности штрих-кода, представленного на рис.8.1, можно воспользоваться одним из существующих двух методов.

Метод первый:

1. Двигаясь **справа налево**, необходимо суммировать все цифры на четных позициях:

$$7 + 9 + 8 + 5 + 6 + 6 = 41.$$

2. Затем нужно умножить полученный результат на 3:

$$41 \times 3 = 123.$$

3. Далее необходимо суммировать цифры на нечетных позициях. Начинать нужно с третьей по счету цифры:

$$0 + 4 + 3 + 4 + 0 + 4 = 15.$$

4. Затем нужно суммировать результаты, полученные в пунктах **2** и **3**:

$$123 + 15 = 138.$$

5. Необходимо округлить полученный результат в большую сторону до ближайшего кратного десяти. В нашем случае – это 140.

6. Затем из этого числа необходимо вычесть сумму, полученную при вычислениях в пункте **4**:

$$140 - 138 = 2.$$

Полученный результат соответствует контрольной (последней) цифре штрих-кода, что говорит о подлинности товара.

Метод второй:

1. Необходимо суммировать все цифры на четных позициях, двигаясь **слева направо**:

$$6 + 6 + 5 + 8 + 9 + 7 = 41.$$

2. Затем нужно умножить полученный результат на 3:

$$41 \times 3 = 123.$$

3. Далее необходимо суммировать цифры на нечетных позициях без учета контрольной цифры:

$$4 + 0 + 4 + 3 + 4 + 0 = 15.$$

4. Затем нужно суммировать результаты, полученные в пунктах **2** и **3**:

$$123 + 15 = 138.$$

5. От полученной суммы нужно оставить только число единиц. В нашем случае это **8**.

6. Затем это число необходимо вычесть из **10**:

$$10 - 8 = 2.$$

Полученный результат соответствует контрольной цифре штрих-кода, что говорит о подлинности товара.

Таким образом, сканеры штрих-кода очень быстро проверяют себя. В случае, если контрольная цифра не совпадает с результатом этих вычислений, то штрих-код не верен.

Задание

Определить страну происхождения товара и подлинность штрих-кодов, выданных преподавателем.

Содержание отчета

1. Привести эскиз штрих кода.
2. Провести необходимые расчеты.
3. Сделать выводы по результатам расчетов.

Контрольные вопросы

1. Какие бывают штрих-коды международного стандарта EAN?
2. Что означают первые две цифры штрих-кода?
3. Что означает тринадцатая цифра штрих-кода?
4. Если на штрих-коде присутствует знак « > », что это означает?

Штрих-коды некоторых стран

Код EAN	Страна	Код EAN	Страна	Код EAN	Страна
000-139	США, Канада	539	Ирландия	850	Куба
300-379	Франция	540-549	Бельгия и Люксембург	858	Словакия
380	Болгария	560	Португалия	859	Чехия
383	Словения	569	Исландия	860	Сербия и Черногория
385	Хорватия	570-579	Дания	865	Монголия
400-440	Германия	590	Польша	867	Северная Корея
490-499	Япония	599	Венгрия	869	Турция
460-469	Россия	600-601	Южная Африка	870-879	Нидерланды
471	Тайвань	640-649	Финляндия	880	Южная Корея
474	Эстония	690-695	Китай	885	Таиланд
475	Латвия	700-709	Норвегия	888	Сингапур
477	Литва	729	Израиль	890	Индия
481	Беларусь	730-739	Швеция	893	Вьетнам
482	Украина	750	Мексика	899	Индонезия
500-509	Великобритания	760-769	Швейцария	900-919	Австрия
520	Греция	789-790	Бразилия	930-939	Австралия
529	Кипр	800-839	Италия	940-949	Новая Зеландия
535	Мальта	840-849	Испания	955	Малайзия

Занятие № 9

Изучение основополагающих нормативных документов по стандартизации Российской Федерации

Цель занятия: изучить основополагающие нормативные документы по вопросам стандартизации РФ и знать их отличия [1, 6, 10].

Краткие теоретические сведения

Стандартизация – это деятельность, направленная на разработку и установление требований, норм, правил, характеристик, как обязательных для выполнения, так и рекомендуемых, обеспечивая право потребителя на приобретение товаров надлежащего качества за приемлемую цену, а также право на безопасность и комфортность труда [9, 10]. Цель стандартизации – достижение оптимальной степени упорядочения в той или иной области посредством широкого и многократного использования установленных положений, требований, норм для решения реально существующих, планируемых или потенциальных задач.

В процессе стандартизации вырабатываются нормы, правила, требования, характеристики, касающиеся объекта стандартизации, оформляемые в виде нормативного документа.

Руководство ИСО/МЭК рекомендует: стандарты, документы технических условий, своды правил, регламенты (технические регламенты), положения.

Стандарт – это нормативный документ, разработанный на основе консенсуса, утверждённый признанным органом, направленный на достижение оптимальной степени упорядочения в определённой области [10]. В стандарте устанавливаются для всеобщего и многократного использования общие принципы, правила, характеристики, касающиеся различных видов деятельности или их результатов. Стандарт должен быть основан на обобщённых результатах научных исследований, технических достижений и практического опыта, тогда его использование принесёт оптимальную выгоду для общества.

Рассмотрим разновидности нормативных документов, которые рекомендуются руководством ИСО/МЭК, а также принятых в государственной системе стандартизации РФ.

Методические указания

Основополагающими стандартами являются:

ГОСТ Р 1.0-2004. Стандартизация в Российской Федерации. Основные положения;

ГОСТ Р 1.1-2005. Стандартизация в Российской Федерации. Технические комитеты по стандартизации. Порядок создания и деятельности;

ГОСТ Р 1.2-2004. Стандартизация в Российской Федерации. Стандарты национальные Российской Федерации. Правила разработки, утверждения, обновления и отмены;

ГОСТ Р 1.4-2004. Стандартизация в Российской Федерации. Стандарты организаций. Общие положения;

ГОСТ Р 1.5-2004. Стандартизация в Российской Федерации. Стандарты национальные Российской Федерации. Правила построения, изложения, оформления и обозначения;

ГОСТ Р 1.7-2008. Стандартизация в Российской Федерации. Стандарты национальные Российской Федерации. Правила оформления и обозначения при разработке на основе международных стандартов;

ГОСТ Р 1.15-2009. Стандартизация в Российской Федерации. Службы стандартизации в организациях. Порядок создания и функционирования.

Принятая в Российской Федерации система стандартизации обеспечивает и поддерживает в актуальном состоянии единый технический язык, унифицированные ряды важнейших технических характеристик продукции, систему строительных норм и правил (СНИПов), типоразмерные ряды и типовые конструкции изделий для общего машиностроения и строительства, систему классификации технико-экономической информации, достоверные справочные данные о свойствах материалов и веществ.

В условиях рыночных отношений стандартизация выполняет три функции: *экономическую, социальную и коммуникативную* [6, 9].

Экономическая функция позволяет заинтересованным сторонам получить достоверную информацию о продукции, причём в чёткой и удобной форме. При заключении договора (контракта) ссылка на стандарт заменяет описание сведений о товаре и обязывает поставщика выполнять указанные требования и подтверждать их; в области инноваций анализ международных и прогрессивных национальных стандартов позволяет узнать и систематизировать сведения о техническом уровне продукции, современных методах испытаний, технологических процессах, а также (что немаловажно) исключить дублирование: стандартизация методов испытаний позволяет получить сопоставимые характеристики продуктов, что играет большую роль в оценке уровня конкурентоспособности товара (в данном случае технической конкурентоспособности). Стандартизация технологических процессов, с одной стороны, способствует совершенствованию качества продукции, а с другой – повышению эффективности управления производством.

Однако есть и другая сторона стандартного технологического процесса – возможность сравнительной оценки конкурентоспособности предприятия на перспективу. Постоянное применение только стандартизованных технологий не может обеспечить технологический прорыв, а стало быть, и передовые позиции на мировом рынке.

Социальная функция стандартизации заключается в том, что необходимо стремиться включать в стандарты и достигать в производстве таких показателей качества объекта стандартизации, которые содействуют здравоохранению, санитарно-гигиеническим нормам, безопасности в использовании, возможности экологической утилизации продукта.

Коммуникативная функция связана с достижением взаимопонимания в обществе через обмен информацией. Для этого нужны стандартизованные термины, трактовки понятий, символы, единые правила делопроизводства и т.п.

Задание

1. Ознакомиться с основными нормативными документами (ГОСТ, ГОСТ Р, ОСТ, СТП, ТУ, ИСО).
2. Уяснить нормы, правила, требования и характеристики по каждому нормативному документу.

Содержание отчета

По заданию преподавателя подготовить:

1. Общую характеристику одного или нескольких различных категорий стандартов.
2. Описать правовое обеспечение стандартов.

Контрольные вопросы

1. Что такое нормативный документ?
2. Какие стандарты являются национальными?
3. Какие стандарты являются региональными?
4. Что собой представляет ОСТ?
5. Что собой представляет стандарт?
6. Что собой представляет ТУ?
7. Что означает ИСО/МЭК?
8. Какой орган осуществляет контроль за соблюдением стандартов?
9. Предполагается ли какая-либо ответственность за несоблюдение стандартов?

III. СЕРТИФИКАЦИЯ

Занятие № 10

Изучение порядка проведения сертификации продукции

Цель занятия: изучить порядок проведения сертификации продукции, научиться выбирать схему сертификации и заполнять необходимые документы по сертификации [1, 6, 9].

Краткие теоретические сведения

Регулирование деятельности в области сертификации и подтверждения соответствия в Российской Федерации осуществляется согласно Закону РФ «О техническом регулировании» от 27.12.2002 г.

В терминологическом разделе Закона (ст.2) сертификация и подтверждение соответствия определены следующим образом:

Сертификация – форма осуществляемого органом по сертификации подтверждения соответствия объектов требованиям технических регламентов, положениям стандартов или условиям договоров [6, 9].

Подтверждение соответствия – документальное удостоверение соответствия продукции или иных объектов, процессов производства, эксплуатации, хранения, перевозки, реализации и утилизации, выполнения работ или оказания услуг требованиям технических регламентов, положениям стандартов или условиям договоров.

Таким образом, сертификация является одной из форм подтверждения соответствия объектов предъявляемым к ним требованиям. Сертификация может быть как обязательной, в смысле обязательности её проведения и проверки соответствия объектов обязательным требованиям, так и добровольной. Добровольная сертификация проводится в тех случаях, когда строгое соблюдение требований существующих стандартов или другой нормативной документации на продукцию, услуги или процессы государством не предусмотрено. Добровольной сертификации подлежит продукция, на которую отсутствуют обязательные к выполнению требования по безопасности.

Сертификат соответствия – это документ, подтверждающий соответствие объекта обязательным или необязательным требованиям [9, 10]. Бланк сертификата соответствия приведен в Приложении 10.1, а правила его заполнения – в Приложении 10.2. Сущность подтверждения соответствия состоит в выдаче заявителю документа о соответствии объекта предъявляемым к нему определённым требованиям. Подтверждение осуществляется по результатам оценки соответствия. Определение объектов подтверждения соответствия согласуется с указанными в п. 1 ст. 1 Закона РФ «О техническом регулировании» объектами технического регулирования, однако содержит указание и на иные объекты. При этом понятие этих иных объектов в законе не дано, что делает теоретически возможным применение всех форм подтверждения соответствия к любым объектам. Уяснение этого вопроса имеет не только теоретическое, но и

практическое значение. В настоящее время сертификация, являющаяся одной из форм подтверждения соответствия, применяется, например, к таким объектам, как работы по охране труда в организациях. Для этого Министерством труда и социальной защиты Российской Федерации создана система сертификации, из документов которой следует, что объектом сертификации является не соответствие условий труда установленным нормативам, а проведение работ по охране труда.

В системе сертификации ГОСТ Р схема сертификации – это определенный порядок действий по сертификации продукции в зависимости от вида продукции, целей сертификации и объема продукции (товара), который определяется органом по сертификации. Выбор схемы сертификации оговаривается с заявителем, так как сертификация продукции проводится, в первую очередь, по инициативе производителя или импортера продукции. Существующие схемы сертификации приведены в Приложении 10.3.

Алгоритм проведения сертификации продукции включает следующие этапы:

- подача заявки на проведение сертификации (форма заявки приведена в Приложении 10.4);
- выбор схемы сертификации и принятие решения по заявке;
- отбор образцов и их испытания;
- оценка производства (если предусмотрена схемой сертификации);
- выдача сертификата и лицензии на применение знака соответствия;
- осуществление инспекционного контроля за сертифицированной продукцией.

Задание

1. Изучить порядок проведения сертификации продукции.
2. Выбрать и обосновать схему сертификации продукции.

Содержание отчета

1. Обосновать выбранную схему сертификации продукции.
2. Представить заполненные документы на сертификацию продукции.
3. Сделать выводы по работе.

Контрольные вопросы

1. Что такое сертификация?
2. Что подтверждает сертификат соответствия продукции?
3. Кто осуществляет контроль за сертификацией продукции?
4. Чем отличаются добровольная сертификация от обязательной?
5. Какой орган утверждает сертификат соответствия продукции?

Бланк сертификата соответствия продукции

СИСТЕМА СЕРТИФИКАЦИИ ГОСТ Р	
РОССТАНДАРТ РОССИИ	
	(1) _____ _____ № _____
СЕРТИФИКАТ СООТВЕТСТВИЯ	
(2) № _____	
(3) Действителен до «_____» _____ 20____ г.	
НАСТОЯЩИЙ СЕРТИФИКАТ УДОСТОВЕРЯЕТ, ЧТО ДОЛЖНЫМ ОБРАЗОМ ИДЕНТИФИЦИРОВАННАЯ ПРОДУКЦИЯ	
(4)	<input style="width: 100px; height: 15px;" type="text"/>
_____	---
наименование	
_____	<input style="width: 100px; height: 15px;" type="text"/>
тип, вид, марка	
_____	---
размер партии	
СООТВЕТСТВУЕТ ТРЕБОВАНИЯМ НОРМАТИВНЫХ ДОКУМЕНТОВ	
(7) _____	

ИЗГОТОВИТЕЛЬ (ПРОДАВЕЦ) (8)	_____
	наименование

	адрес,
(9)	_____
документы (сертификаты, аттестаты и т. п.) о стабильности производства	
М.П.	

Оригинал имеет сетку желтого цвета.

Сертификат выдан на основании: (10)

Наименование испытательной лаборатории	№ протокола испытаний, дата утверждения	Регистрационный № испытательной лаборатории в Госреестре
(11)	(12)	(13)

Изготовитель (продавец) обязан обеспечить соответствие реализуемой продукции требованиям нормативных документов, на соответствие которым она была сертифицирована, испытанному образцу:

(14) _____

Место нанесения знака соответствия

(15) _____

В случае невыполнения условий, лежащих в основе выдачи сертификата, действие его отменяется органом по сертификации, выдавшим сертификат, или Госстандартом России.

М.П.

Руководитель органа, выдавшего сертификат

(16)

подпись

инициалы, фамилия

Зарегистрирован в Государственном реестре

(17) « ____ » _____ 20 ____ г.

**Правила заполнения бланка сертификата
соответствия продукции**

В графах сертификата указываются следующие сведения.

Позиция 1. Наименование и код органа по сертификации, выдавшего сертификат, в соответствии с аттестатом аккредитации (прописными буквами), и адрес (строчными буквами). Если наименование органа не помещается в одну строку, то допускается адрес писать под обозначенной строкой. В случае, если орган использует печать организации, на базе которой он образован, после наименования органа, выдавшего сертификат, в скобках (строчными буквами) указывается наименование этой организации, адрес – под реквизитом «подпись» позиции 16. Наименование органа (организации) должно быть идентичным наименованию в печати.

Позиция 2. Регистрационный номер сертификата формируется в соответствии с правилами ведения Государственного реестра.

Позиция 3. Срок действия сертификата устанавливается органом по сертификации, выдавшим сертификат, по правилам, изложенным в порядке сертификации однородной продукции. При этом дата пишется: число – двумя арабскими цифрами, месяц – прописью, год – четырьмя арабскими цифрами.

Позиция 4. Наименование, тип, вид, марка (как правило, прописными буквами) в соответствии с нормативным документом на продукцию; номер технических условий или иного документа, устанавливающего требования к продукции; номер изделия, размер партии, при серийном производстве указать: «серийное производство»; номер накладной (договора, контракта, паспорта и т.д.) – для партии (или единичного изделия).

Позиция 5. Классификационная часть кода продукции (6 старших разрядов) по классификатору промышленной и сельскохозяйственной продукции (для отечественной продукции).

Позиция 6. 9-разрядный код продукции по классификатору товарной номенклатуры внешней экономической деятельности (заполняется обязательно для импортируемой и экспортируемой продукции). Толкование содержания позиции и определение кодов товарной номенклатуры внешне-экономической деятельности (ТН ВЭД), анализ классификационных признаков и лексических средств их выражения осуществляется органами Федеральной таможенной службы России.

Позиция 7. При обязательной сертификации в первой строке указываются свойства, на соответствие которым она проводится, например: «безопасность». Во второй строке – обозначение нормативных документов, на соответствие которым проведена сертификация. Если продукция сертифицирована на соответствие всем требованиям нормативного документа (документов), первая строка текстом не дополняется.

Позиция 8. Если сертификат выдан изготовителю, указывается наименование предприятия-изготовителя. Если сертификат выдан продавцу, подчерки-

вается слово «продавец», указываются наименование и адрес предприятия, которому выдан данный сертификат, а также, начиная со слова «изготовитель», – наименование и адрес предприятия-изготовителя продукции. Наименования и адреса предприятий указываются в соответствии с заявкой.

Позиция 9. При наличии указывается регистрационный номер в Государственном реестре сертификата системы качества или производства со сроком действия, номер и дата акта (протокола) о проверке производства или другие документы, подтверждающие стабильность производства, например: сертификат, выданный зарубежной организацией и учтенный органом по сертификации.

Позиция 10. Строка после слов «Сертификат выдан на основании» не заполняется.

Позиции 11, 12, 13. Указываются все документы об испытаниях или сертификации, учтенные органом сертификации при выдаче сертификата, в том числе:

1. Протоколы испытаний в аккредитованной лаборатории (поз. 11, 12, 13 заполняются в соответствии с графами таблицы).
2. Протоколы испытаний в неаккредитованной испытательной лаборатории (в поз. 13 указывается наименование и дата Решения Госстандарта России о разрешении проведения испытаний в указанной лаборатории).
3. Документы, выданные органами и службами государственных органов управления: Государственного комитета санитарно-эпидемиологического надзора, Министерства природных ресурсов и экологии Российской Федерации, Государственной ветеринарной службы Российской Федерации и другими (в поз. 11 – наименование органа, выдавшего документ, в поз. 12, 13 – реквизиты документов).
4. Документы, выданные зарубежными органами: сертификаты (протоколы испытаний) (в поз. 11 указываются наименование органа и его адрес, в поз. 12 – наименование и дата утверждения сертификата (протокола испытаний), срок действия сертификата).
5. При выдаче сертификата на основании заявления-декларации в поз. 11 и 12 указываются реквизиты заявления-декларации, а также документов, приведенных в декларации.

Позиция 14. В случае выдачи заявителю лицензии на право маркирования продукции знаком соответствия в данной позиции указывается: «Маркирование продукции производится знаком соответствия по ГОСТ Р 50460-92».

Позиция 15. Указывается место нанесения знака соответствия на изделии, таре, упаковке либо в сопроводительной документации в соответствии с порядком сертификации однородной продукции.

Позиция 16. Подпись, инициалы, фамилия руководителя органа, выдавшего сертификат, печать органа или организации, на базе которой образован орган, на обеих сторонах сертификата.

Позиция 17. Дата регистрации в Государственном реестре.

Исправления, подчистки, поправки на сертификате не допускаются.

Существующие схемы сертификации продукции

Но- мер схе- мы	Испытания	Проверка производства	Инспекционный контроль сертифицированной продукции
1	Испытания типа*	--	--
2	Испытания типа*	--	Испытание образцов, взятых у продавца
2 а	Испытания типа*	Анализ состояния производства	Испытание образцов, взятых у продавца
3	Испытания типа*	--	Испытание образцов, взятых у изготовителя
3 а	Испытания типа*	Анализ состояния производства	Испытание образцов, взятых у изготовителя, анализ состояния производства
4	Испытания типа*	--	Испытание образцов, взятых у продавца. Испытание образцов, взятых у изготовителя
4 а	Испытания типа*	Анализ состояния производства	Испытание образцов, взятых у продавца и изготовителя. Анализ состояния производства
5	Испытания типа*	Сертификация производства или системы качества	Испытание образцов, взятых у продавца и (или) изготовителя. Контроль системы качества про- изводства
6	Рассмотрение заяв- ки-декларации с прилагаемыми до- кументами	Сертификация сис- темы качества из- готовителя	Контроль за стабильностью функционирования системы качества
7	Испытание партии	--	--
8	Испытания каждого образца	--	--

* Испытания продукции на основе оценивания одного или нескольких образцов, являющихся ее типовыми представителями.

Схемы 1-8 приняты в зарубежной и международной практике и квалифицированы ИСО.

Схемы 2а, 3а и 4а – дополнительные и являются модификацией, соответственно, схем 2, 3 и 4.

Как правило, схемы 1-6 используются для сертификации серийно выпускаемой продукции. Схема 7 применяется для сертификации отдельных партий продукции. Схема 8 используется, если изделие выпускается единичными экземплярами.

Форма заявки на проведение сертификации продукции

_____ наименование органа по сертификации, адрес

**ЗАЯВКА
на проведение сертификации продукции**

В системе сертификации _____ наименование системы

1. _____ наименование предприятия – изготовителя (далее – заявитель),
код ОКП – О

Юридический адрес _____

Телефон _____ Факс _____ Телекс _____

в лице руководителя _____ Ф.И.О.

Заявляет, что _____ наименование вида продукции, код ОКП

_____ выпускается серийно или партией (каждое изделие при единичном производстве)

_____, выпускаемая по _____ наименование и реквизиты

_____, соответствует требованиям _____ документации изготовителя (ТУ, стандарт)

_____ наименование и обозначение стандартов

и просит провести сертификацию данной продукции на соответствие требованиям указанных стандартов по _____ номер схемы сертификации

2. Заявитель обязуется:
выполнить все условия сертификации;
обеспечить стабильность сертифицированных характеристик продукции, маркированной знаком соответствия;
оплатить все расходы по проведению сертификации.

3. Дополнительные сведения _____

Руководитель предприятия _____ подпись, инициалы, фамилия

Главный бухгалтер _____ подпись, инициалы, фамилия

Печать

Дата

Занятие № 11

Изучение порядка проведения сертификации услуг

Цель занятия: изучить порядок проведения сертификации услуг и заполнения необходимых документов [6, 10].

Краткие теоретические сведения

Сфера услуг представлялась наиболее сложным предметом переговоров при вступлении России в ВТО. Присоединение к Генеральному соглашению по торговле услугами (General Agreement on Trade in Services – ГАТС) затрагивало не только вопросы технических барьеров, но и правила перемещения физических лиц, инвестиций и иные проблемы внутреннего регулирования в этой области. Генеральное соглашение охватывает банковские и страховые услуги, операции с ценными бумагами, различные виды транспорта, телекоммуникации, строительство, туризм, образование, индустрию досуга, консультационные, медицинские услуги и пр. Присоединение России к ГАТС обеспечило для неё доступ на рынки услуг стран-участниц без какой либо дискриминации. Но в то же время участие в ГАТС обязали Россию предоставлять режим наибольшего благоприятствования на национальном рынке услуг для стран-участниц, гарантировать открытость мер регулирования, последовательное снижение торговых тарифов и др. Реализация обязательств России по ГАТС стимулирует усиление внимания к вопросам стандартизации в сфере услуг и их сертификации.

Сертификация услуг представляет собой подтверждение соответствия оказываемых услуг действующим стандартам, осуществляемое независимым органом и преследующее цель удостоверить качество этих услуг и стабильность их предоставления.

В процессе сертификации во внимание принимаются разнообразные нормативные источники:

- акты российского законодательства;
- стандарты, нормы и правила, имеющие статус международных;
- документы, содержащие технические условия оказания услуг или проведения определенных работ.

Объектами сертификации в сфере услуг могут быть: услуга; организация, предоставляющая услугу; персонал, выполняющий услугу; производственный процесс; система управления качеством в организации, предоставляющей услуги.

До недавнего прошлого существовал перечень услуг, для которых сертификация являлась обязательной. В этот перечень входили услуги, оказывае-

мые, к примеру, в следующих сферах: туризм, строительство, жилищно-коммунальное хозяйство, парикмахерский сервис и др. В настоящее время сертификация услуг выведена в «добровольное поле», что полностью отменяет необходимость ее прохождения для каких-либо услуг.

Сертификационную процедуру заказчик (организация, фирма) проводит за счет собственных финансовых источников, на цену вопроса при этом влияет система и схема сертификации, а также особенности услуг/работ, в отношении которых планируется осуществлять сертификацию. Разные услуги имеют различный, отличный друг от друга набор нормативных документов, и стоимость процедуры будет существенно изменяться, в том числе в зависимости от их количества.

Формирование системы сертификации услуг и выбор её участников проводится в соответствии с «Правилами по проведению сертификации в РФ» (от 10.05.2000 № 26). Отметим некоторые присущие услугам особенности, влияющие на организацию их сертификации:

- объектом услуги может быть сам человек, а его имущественное право определяет невозможность проведения испытаний. Так, владелец отремонтированного автомобиля наверняка откажется от испытаний его автомобиля в дорожных условиях с соблюдением всех жестких правил проведения этой процедуры;
- непосредственный контакт исполнителя услуги и её потребителя требует оценки мастерства исполнителя с учётом этики общения и сложившихся местных предпочтений. Зачастую это требует применения социологических методов оценки;
- эксперт по оценке услуги в ряде случаев должен присутствовать при её оказании, так как предоставление услуги и её потребление могут совершаться одновременно (к примеру, услуги парикмахерской или косметического салона). За рубежом допускается в подобных случаях исполнение экспертом роли потребителя;
- некоторые характеристики услуг напрямую зависят от особенностей региона, в котором они предлагаются. Так, например, в Москве признано целесообразным ввести в действие региональные системы сертификации услуг в сфере общественного питания и городского транспорта.

К нормативным документам для сертификации предъявляются определённые требования [6]. В них могут быть указаны нормы безопасности для жизни и здоровья потребителей и их имущества; экологические параметры; требования к методам проверки качества услуги, технологическому процессу исполнения, мастерству исполнителя и к системе обеспечения качества.

Сертификация услуг выполняется в несколько этапов:

- подается заявка на сертификацию услуги (форма заявки приведена в Приложении 11.1), по завершении регистрации она рассматривается органом по сертификации услуг, и по ней принимается решение;
- выбирается схема сертификации (существующие схемы сертификации услуг приведены в Приложении 11.2);
- определяется аккредитованная испытательная лаборатория, уточняется ассортимент услуги, подвергаемой сертификационным испытаниям, производится отбор проб и собственно процесс испытания в лаборатории;
- выполняется оценка процесса предоставления услуги по требованиям нормативной документации, производится проверка результата оказания услуги (согласно избранной схеме сертификации);
- на основании результатов экспертизы документальных источников и испытаний экспертами подготавливается решение о соответствии услуги предъявленным требованиям и выдаче сертификата соответствия (либо отказе в нем);
- оформляется сертификат соответствия, производится его регистрация и последующая выдача заявителю.

В настоящее время применяются следующие схемы сертификации услуг, каждая из которых имеет свои особенности и определенную область практического применения.

Схема 1 используется для оценки мастерства исполнителя и контроля его при инспекциях. Она применима в тех случаях, когда качество и безопасность услуги напрямую зависят от мастерства оказывающего ее специалиста (косметолог, тренер, массажист).

Схема 2 позволяет не только провести оценку процесса оказания услуги, но и проверить его результаты. Данная схема также используется при инспекционном контроле. Оценка процессов различной сложности может включать ряд параметров:

- качество исходных документов, содержащих требования к рассматриваемому процессу;
- обеспеченность оборудованием, материалами, площадями и пр., их соответствие существующим требованиям;
- методическое, программное и иное обеспечение;
- безопасность и стабильность процесса;
- профессионализм непосредственного исполнителя и прочего персонала.

Схема 2 применима тогда, когда качество и безопасность услуг зависят от стабильности процесса их оказания (общепит, пассажирские перевозки, медицина).

Схему 3 используют при сертификации производственных услуг. Она дает возможность проводить анализ состояния производства и проверку результатов услуг или выполненной работы.

Схема 4 предназначена для оценки организации-исполнителя работ на соответствие действующим требованиям государственных стандартов. Результатом может стать присвоение организации какой-либо категории (например, «звездность» отелей).

Используя схему 5, проводят оценку системы качества и контролируют ее при инспекциях, выполняют проверку результатов работ. Оценку осуществляет эксперт по сертификации систем качества. Схема применяется для услуг, несущих потенциальную опасность (пассажирские перевозки, медицина). Если есть сертификат на систему качества, он принимается к учету при сертификации услуги или работы.

Бланк сертификата соответствия на услугу приведен в Приложении 11.3, а правила его заполнения – в Приложении 11.4.

Задание

1. Изучить порядок проведения сертификации услуги.
2. Выбрать и обосновать схему сертификации услуги.
3. По указанию преподавателя подготовить комплект документов на проведение сертификации услуги.

Содержание отчета

1. Обосновать выбранную схему сертификации услуги.
2. Представить законченный документ на сертификацию услуги.
3. Сделать выводы по работе.

Контрольные вопросы

1. Что такое услуга в соответствии с МС ИСО 9004.2?
2. Какой орган проводит сертификацию услуг?
3. Кто определяет номенклатуру услуг?
4. В чем заключаются особенности проведения сертификации услуги по схеме 1 (2-5)?
5. Кто подтверждает сертификат соответствия услуги?
6. Требуется ли знак соответствия на сертификате услуг?

Форма заявки на проведение сертификации услуг

наименование органа по

сертификации, адрес

**ЗАЯВКА
на проведение сертификации услуг
в Системе сертификации ГОСТ Р**

1. _____
наименование предприятия-исполнителя (далее – заявитель)

_____ в лице _____
адрес, код ОКП – О _____ Ф.И.О. руководителя

заявляет, что _____
наименование вида услуги, код ОКУН

оказывается по _____
наименование и реквизиты документации
_____, соответствует требованиям
изготовителя (ТУ, стандарт)

_____ наименование и обозначение стандартов
и просит провести сертификацию данной услуги на соответствие требованиям
указанных стандартов по схеме _____

_____ номер схемы сертификации

2. Испытания для сертификации прошу провести (проведены) в

_____ наименование аккредитованной испытательной лаборатории, адрес

3. Заявитель обязуется:
выполнить все условия сертификации;
обеспечить стабильность сертифицированных характеристик услуг;
оплатить все расходы по проведению сертификации.

4. Дополнительные сведения _____

Руководитель предприятия _____
личная подпись _____ расшифровка подписи

Главный бухгалтер _____
личная подпись _____ расшифровка подписи

Печать _____ Дата _____

Существующие схемы сертификации услуг

№ схемы	Оценка мастерст- ва испол- нителя	Оценка процесса оказания услуги	Аттестация предпри- ятия	Сертифика- ция сис- темы ка- чества	Выбороч- ная про- верка ре- зультата услуги	Инспекционный контроль
1	+				+	Проверка ре- зультата услу- ги*
2		+			+	Контроль стабильности процесса ока- зания услуги
3					+	Выборочная проверка результата ус- луги
4			+		+	Выборочная проверка результата ус- луги
5				+		Контроль стабильности функциониро- вания системы

* Для нематериальных услуг – методом социальной оценки.

Бланк сертификата соответствия услуги

СИСТЕМА СЕРТИФИКАЦИИ ГОСТ Р
РОССТАНДАРТ РОССИИ

Знак (1) _____
соответствия _____

№ 0 0 0 2

СЕРТИФИКАТ СООТВЕТСТВИЯ

(2) № _____

(3) Действителен до _____ 20 ____ г.

(4) _____
наименование исполнителя услуги

адрес

Сертификат удостоверяет, что услуга

(5) _____
наименование

(6)

соответствует требованиям (7) _____

(8) нормативных документов _____
обозначение

(9) сертификат выдан на основании _____

наименование, №, дата регистрации документов

(10) _____
руководитель органа, выдавшего сертификат

(11) _____
подпись

инициалы, фамилия

Зарегистрирован
в Государственном реестре

М.П.

(12) « ____ » _____ 20 ____ г.

**Правила заполнения бланка
сертификата соответствия услуги**

Сертификат заполняется на русском языке. Текст наносится машинописным способом. Исправления, зачеркивания, подчистки текста не допускаются. В графах сертификата указываются следующие сведения:

Позиция 1. Наименование органа, выдавшего сертификат (прописными буквами) и адрес (строчными буквами). Если наименование органа не помещается в одну строку, то допускается написание адреса под обозначенной строкой. В случае, если орган использует печать организации, на базе которой он создан, после наименования органа, выдавшего сертификат, в скобках (строчными буквами) указывается наименование этой организации, а адрес – под реквизитом «подпись». Наименование органа (организации) должно быть идентичным наименованию в печати.

Позиция 2. Регистрационный номер сертификата формируется в соответствии с документом «Правила ведения государственной регистрации при проведении работ по сертификации и аккредитации».

Позиция 3. Срок действия сертификата устанавливается органом по сертификации, выдавшим сертификат, по правилам, изложенным в порядке сертификации однородных услуг. При этом дата пишется: число – двумя арабскими цифрами, месяц – прописью, год – четырьмя арабскими цифрами.

Позиция 4. Наименование исполнителя услуги и его адрес (предприятие, организация, гражданин-предприниматель и т.д.), номер расчетного счета.

Позиция 5. Наименование, вид конкретной услуги (прописными буквами) в соответствии с нормативным документом на услугу (номер стандарта или иного документа, устанавливающего требования к услуге). При выдаче сертификата на ряд услуг – их перечень указывается в приложении к сертификату.

Позиция 6. Классификационная часть, код услуги (6 разрядов по Общероссийскому классификатору услуг населению – ОКУН). В случае выдачи сертификата на несколько конкретных услуг, в сертификате проставляется соответствующее число кодов или перечень кодов приводится в приложении.

Позиция 7. Указываются требования, на соответствие которым сертифицирована услуга. При обязательной сертификации указываются свойства, на соответствие которым она проводится, например: безопасность (электробезопасность), экологичность.

Позиция 8. Обозначение нормативных документов, на соответствие которым проведена сертификация.

Позиция 9. Указываются все основания, принятые органом по сертификации при выдаче сертификата: схема сертификации, акт оценки мастерства исполнителя или протокол испытания результата услуги; акт оценки процесса оказания услуги; акт оценки системы качества; акт аттестации предприятия в целом. При наличии сертификата указывается его регистрационный номер в Государственном реестре системы качества или производства со сроком действия.

Позиция 10. Указывается фамилия, инициалы и должность руководителя органа по сертификации.

Позиция 11. Подпись, инициалы, фамилия руководителя органа, выдавшего сертификат, гербовая печать организации, на базе которой образован орган, или печать органа по сертификации.

Позиция 12. Дата регистрации в Государственном реестре.

IV. КВАЛИМЕТРИЯ И УПРАВЛЕНИЕ КАЧЕСТВОМ

Занятие № 12

Формирование экспертной группы. Расчет количества экспертов

Цель занятия: приобрести навыки определения количества экспертов из условия полноты выявления представляемых ими данных [11, 12].

Краткие теоретические сведения

В ходе решения различных квалиметрических задач на практике широко используются экспертные методы оценки качества, которые в совокупности с измерительными методами позволяют получить наиболее полный объем информации об объекте исследования.

В связи с этим на начальном этапе любой экспертизы основной задачей специалиста по квалиметрии является грамотное формирование экспертной группы, в ходе которого определяется оптимальное количество экспертов, необходимое для проведения экспертизы, а также проводится количественная оценка качества экспертной группы различными методами.

Расчет количества экспертов, необходимого для выявления наиболее полного количества данных, сводится к нахождению такого их числа m , при котором вероятность появления содержательно нового предложения с привлечением $(m + 1)$ -го эксперта становится меньше заранее принятого значения α .

Для решения поставленной задачи используют следующий алгоритм [12]:

1. Проводят опрос экспертов с целью получения совокупности сведений, касающихся объекта экспертизы.

2. Все предложения экспертов разделяют на четыре группы:

- 1) очевидные – выдвинутые всеми экспертами;
- 2) известные – выдвинутые большинством экспертов, но не всеми;
- 3) неочевидные – выдвинутые меньшинством;
- 4) особые – выдвинутые одним экспертом.

Интерес представляют только неочевидные и особые предложения, базирующиеся на личном опыте экспертов, их способностях, интуиции. При этом вероятность появления особых предложений среди всех предложений, выдвинутых меньшинством в группе из m экспертов, определяется по следующему выражению:

$$P_m = \frac{n_m^{(1)}}{n_m^{(1)} + n_m^{(2)} + \dots + n_m^{(v)}},$$

где $n_m^{(1)}$ – количество особых предложений; $n_m^{(2)}, \dots, n_m^{(v)}$ – количества неочевидных предложений, выдвинутых меньшинством.

3. Из группы в m экспертов образуют всевозможные подгруппы по $(m - 1)$ экспертов и для каждой из них подсчитывают число особых: $n_{m-1}^{(1)}$ и неочевидных: $n_{m-1}^{(2)} + \dots + n_{m-1}^{(\nu)}$ предложений.

4. Рассчитывают вероятность P_{m-1} появления особых предложений по всем подгруппам и коэффициент λ уменьшения вероятности появления особых предложений с переходом от $(m - 1)$ экспертов к m экспертам:

$$P_{m-1} = \frac{\sum_{j=1}^{m-1} n_{m-1}^{(j)}}{\sum_{j=1}^{m-1} (n_{m-1}^{(1)} + n_{m-1}^{(2)} + \dots + n_{m-1}^{(\nu)})};$$

$$\lambda = \frac{P_m}{P_{m-1}}.$$

5. При условии, что значение λ сохраняется с увеличением количества экспертов (хотя, как правило, оно при этом уменьшается), оценки вероятности появления особых предложений с привлечением $(m + 1)$ -го, $(m + 2)$ -го, ..., $(m + k)$ -го экспертов будут, соответственно, равны:

$$P_{m+1} = P_m \cdot \lambda;$$

$$P_{m+2} = P_m \cdot \lambda^2;$$

...

$$P_{m+k} = P_m \cdot \lambda^k.$$

Используя выражения (12.3), (12.6) и заданное значение вероятности α , находят число k вновь привлекаемых экспертов, при котором $P_{m+k} = P_m \lambda^k \leq \alpha$. Окончательная формула для расчёта k примет вид:

$$k = \frac{\ln \alpha - \ln P_m}{\ln \lambda}.$$

Следует отметить, что все допущения рассмотренного способа решения ориентированы на расчёт «с запасом», т.е., считая всех экспертов одинаково продуктивными, мы заведомо шли на завышение требуемого количества экс-

пертов. В действительности (при правильно проведённом отборе экспертов) вначале в экспертную группу попадают наиболее сведущие специалисты, которые предоставляют максимальную информацию.

Привлекаемые далее эксперты менее продуктивны уже потому, что область их профессиональных интересов удаляется от цели проведения экспертизы. Это приводит к уменьшению λ .

Так как рассмотренный вариант решения даёт завышенный объём экспертной группы, превышать рассчитанное количество экспертов не целесообразно. Главное – подробно опросить каждого эксперта, выявить наиболее полное его суждения и рационально организовать обмен мнениями.

Пример расчета количества экспертов

При индивидуальном анкетном опросе группа из пяти экспертов в результате генерации подала 26 предложений, относящихся к объекту экспертизы, некоторые из которых по содержанию совпадают друг с другом [12]. При этом $n_5^{(5)} = 10$ предложений выдвинуты всеми экспертами (очевидные); $n_5^{(4)} + n_5^{(3)} = 4 + 3 = 7$ предложений выдвинуты большинством экспертов, но не всеми, в данном случае, четырьмя и тремя (известные); $n_5^{(2)} = 6$ предложений выдвинуты меньшинством, в данном случае, двумя экспертами (неочевидные) и $n_5^{(1)} = 3$ предложения выдвинуты (каждое) лишь одним экспертом (особые).

Спрашивается, сколько ещё экспертов k следует опросить, чтобы вероятность P_{m+k} появления содержательно нового предложения стала меньше $\alpha = 0,05$?

В ходе решения поставленной задачи по формуле (12.1) находим оценку вероятности появления особых предложений среди всех предложений, выдвинутых меньшинством, в группе из $m = 5$ экспертов:

$$P_5 = \frac{n_5^{(1)}}{n_5^{(1)} + n_5^{(2)}} = \frac{3}{3 + 6} = 0,33.$$

Образуем теперь из группы экспертов всевозможные подгруппы по четыре эксперта (этих подгрупп будет пять) и для каждой из них подсчитаем число особых $n_4^{(1)}$ и неочевидных $n_4^{(2)}$ предложений. Нетрудно убедиться, что эти числа будут 4, 4, 4, 3, 2 и 6, 4, 2, 6, 6. Следовательно, оценка вероятности появления особых предложений в группе из четырёх экспертов будет

$$P_4 = \frac{\sum_{i=1}^5 n_4^{(1)}}{\sum_{i=1}^5 (n_4^{(1)} + n_4^{(2)})} = \frac{17}{17 + 24} = 0,41.$$

По найденным значениям P_5 и P_4 найдём коэффициент λ уменьшения вероятности появления особых предложений с переходом от пяти к четырём экспертам:

$$\lambda = \frac{P_m}{P_{m-1}} = \frac{P_5}{P_4} = \frac{0,33}{0,41} = 0,81.$$

На основании найденных P_5 и λ , а также заданного значения α рассчитываем количество k вновь привлекаемых экспертов по формуле (12.7):

$$k = \frac{\ln \alpha - \ln P_5}{\ln \lambda} = \frac{-2,996 - (-1,109)}{-0,211} = 8,94.$$

Итак, для достижения поставленного условия следует привлечь к работе ещё 9 специалистов, или всего 14 человек.

Порядок выполнения работы

1. Ознакомиться с теоретическими сведениями по данной работе.
2. В соответствии со своим вариантом задания рассчитать количество экспертов, необходимое для проведения экспертизы, исходя из условия полноты выявления предоставляемых ими данных. Варианты заданий приведены в табл. 12.1 – 12.4.
3. Проанализировать полученные результаты и оформить отчёт.
4. Ответить на контрольные вопросы.

Задание

Вариант 1

Таблица 12.1

Исходные данные для определения количества экспертов

Номер предложения	Номер эксперта					Вид предложения	α
	1	2	3	4	5		
1	+	+	+	+	+	Очевидные	0,05
2	+	+	+	+	+		
3	+	+	+	+	+		
4	+	+		+	+	Известные	
5		+	+	+	+		
6	+	+	+				
7		+	+			Неочевидные	
8				+	+		
9				+	+		
10		+	+				
11	+					Особые	
12					+		

Вариант 2

Таблица 12.2

Исходные данные для определения количества экспертов

Номер предложения	Номер эксперта					Вид предложения	α
	1	2	3	4	5		
1	+	+	+	+	+	Очевидные	0,01
2	+	+	+	+	+		
3	+		+	+	+		
4	+		+		+	Известные	
5	+		+		+		
6		+		+			
7	+			+		Неочевидные	
8			+		+		
9		+			+		
10					+		
11				+		Особые	
12		+					

Вариант 3

Таблица 12.3

Исходные данные для определения количества экспертов

Номер предложения	Номер эксперта					Вид предложения	α
	1	2	3	4	5		
1	+	+	+	+	+	Очевидные	0,05
2	+	+	+	+	+		
3	+	+	+		+	Известные	
4			+	+	+		
5		+	+		+		
6				+	+	Неочевидные	
7	+	+					
8			+	+			
9					+	Особые	
10			+				
11	+						
12				+			

Вариант 4

Таблица 12.4

Исходные данные для определения количества экспертов

Номер предложения	Номер эксперта					Вид предложения	α
	1	2	3	4	5		
1	+	+	+	+	+	Очевидные	0,01
2	+	+	+	+	+		
3	+	+	+	+	+		
4			+	+	+	Известные	
5	+	+	+				
6		+			+	Неочевидные	
7		+		+			
8			+		+		
9			+		+		
10			+			Особые	
11					+		
12	+						

Содержание отчета

1. Привести таблицу исходных данных.
2. Представить результаты расчетов в соответствии с полученным заданием.
3. Сделать выводы по проделанной работе.

Контрольные вопросы

1. Какие методы оценки качества продукции вы знаете?
2. В каких случаях используются экспертные методы оценки качества продукции?
3. Можно ли сокращать численность экспертной группы ниже рассчитанного значения?
4. Назовите основные достоинства экспертных методов.
5. Какие недостатки присущи экспертным методам?
6. Приведите примеры показателей качества, которые могут быть оценены экспертными методами.

Занятие № 13

Использование контрольных карт по количественным признакам для контроля качества технологического процесса

Цель занятия: научиться строить и использовать контрольные карты по количественным признакам для статистического анализа при контроле качества технологического процесса.

Краткие теоретические сведения

В настоящее время на многих предприятиях широко применяются статистические методы для управления качеством продукции [11 – 17]. Статистические методы (методы, основанные на использовании математической статистики) являются эффективным инструментом сбора и анализа информации о качестве. Применение этих методов не требует больших затрат и позволяет с заданной степенью точности и достоверностью судить о состоянии исследуемых явлений (объектов, процессов) в системе качества, прогнозировать и регулировать проблемы на всех этапах жизненного цикла продукции и на основе этого выработать оптимальные управленческие решения.

В соответствии с положениями стандартов ИСО серии 9000 статистические методы рассматриваются как высокоэффективное средство обеспечения качества.

Рассмотрим некоторые простые статистические методы.

Контрольные карты используются для статистического контроля и регулирования технологического процесса. На контрольную карту наносят значения некоторой статистической характеристики (точки), рассчитываемые по данным выборок в порядке их получения, верхнюю и нижнюю контрольные границы K_B (или UCL) и K_H (или LCL), верхнюю и нижнюю границы технических допусков T_B и T_H (при их наличии), а также – среднюю линию (CL). Для расчёта границ и построения контрольной карты используют обычно 20...30 точек. Пример контрольной карты представлен на рис. 13.1.

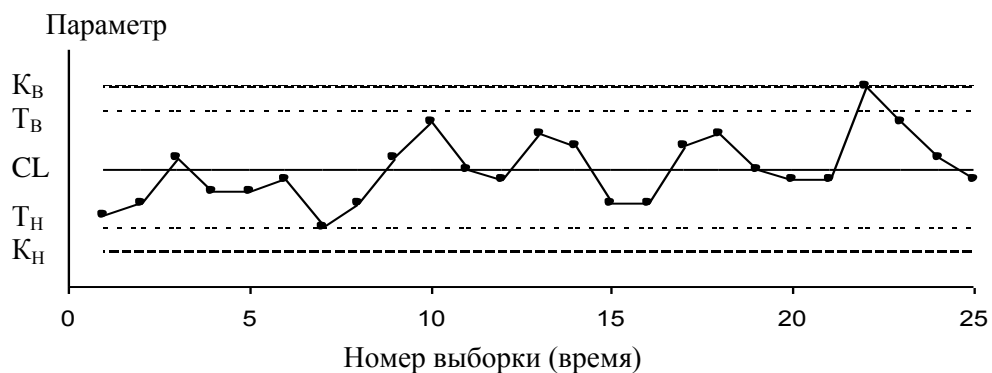


Рис.13.1. Пример контрольной карты

По положению точек относительно границ судят о налаженности или разлаженности технологического процесса. Обычно процесс считают разлаженным в следующих случаях:

1. Некоторые точки выходят за контрольные пределы.
2. Серия из семи точек оказывается по одну сторону от средней линии. Кроме того, если по одну сторону от средней линии находятся:
 - а) десять из серии в одиннадцать точек;
 - б) двенадцать из серии в четырнадцать точек;
 - в) шестнадцать из серии в двадцать точек.
3. Имеется тренд (дрейф), т.е. точки образуют непрерывно повышающуюся или непрерывно понижающуюся линию.
4. Две или три точки оказываются за предупредительными двухсигмовыми границами.
5. Точки приближаются к центральной линии. Если большинство точек находится внутри полуторасигмовых линий, это значит, что в подгруппах смешиваются данные из различных распределений.
6. Имеет место периодичность, т.е. то подъём, то спад с примерно одинаковыми интервалами времени.
7. Контрольные границы шире поля допуска. В идеальном случае достаточно, чтобы контрольные границы составляли $\frac{3}{4}$ величины поля допуска.

Если процесс налажен (достигнута необходимая стабильность), на контрольную карту продолжают наносить точки, но через 20...30 точек пересчитывают контрольные границы. Они должны совпадать с исходными границами. Если контрольная карта показывает, что процесс разлажен, находят причины разлаженности и производят наладку.

Различают контрольные карты по количественным признакам (для непрерывных значений) и по качественным признакам (для дискретных значений). По количественным признакам используют, в основном, следующие контрольные карты:

- карта средних арифметических значений (\bar{x} -карта);
- карта медиан (\tilde{x} -карта);
- карта средних квадратических отклонений (s -карта);
- карта размахов (R -карта);
- двойные карты (например, $\bar{x} - R$ или $\bar{x} - s$ -карты).

Карта средних арифметических значений используется для контроля отклонения параметра от нормы и настройки на норму. Точки на контрольной карте – это средние значения небольших выборок, обычно одинакового объёма, из 3...10 элементов:

$$\bar{x}_i = \frac{x_{i1} + x_{i2} + \dots + x_{in}}{n}$$

где n – объём выборки (подгруппы).

Для получения выборок можно также использовать результаты измерений, проводившихся через одинаковые промежутки времени, путём разбиения их на группы.

Средние значения выборок находят с одним лишним знаком по сравнению с исходными данными. Среднюю линию рассчитывают как среднее из средних значений выборок:

$$\bar{x} = \frac{\bar{x}_1 + \bar{x}_2 + \dots + \bar{x}_k}{k}$$

где k – число подгрупп (число точек). Обычно $k = 20 \dots 30$.

Контрольные границы на этой карте рассчитывают по формуле

$$K_{B,H} = \bar{x} \pm \frac{3\sigma}{\sqrt{n}}$$

где σ – СКО всей совокупности данных, определяется по формуле

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^n (x_{ij} - \bar{x})^2}{nk}}$$

При определении контрольных границ на карте средних значений (как и при расчёте контрольных границ для других видов контрольных карт) коэффициент 3 используется, исходя из правила трёх сигм.

Карта медиан используется вместо карты средних арифметических значений, когда хотят упростить расчёты. Точки на карте – это медианы \tilde{x} выборок одинакового объёма из 3...10 элементов. Медианой при нечётном объёме выборки является середина вариационного ряда, при чётном объёме выборки – среднее из двух значений середины вариационного ряда.

Средняя линия $\tilde{\bar{x}}$ определяется как среднее из медиан всех выборок. Контрольные границы находят по формуле

$$K_{B,H} = \tilde{\bar{x}} \pm 3\sigma \sqrt{\frac{\pi}{2n}}$$

Карта медиан менее точна, чем карта средних арифметических значений.

Карта средних квадратических отклонений используется для контроля рассеяния показателя. Точки на карте – СКО выборок одинакового объёма из

3...10 элементов. Средняя линия \bar{s} – это среднее из СКО выборок. Контрольные границы определяют по формулам

$$K_H = \frac{\bar{s} \sqrt{\chi_{\alpha/2}^2}}{\sqrt{n-1}}; \quad K_B = \frac{\bar{s} \sqrt{\chi_{1-\alpha/2}^2}}{\sqrt{n-1}},$$

где χ^2 – критерий Пирсона; n – объём выборки; α - уровень значимости. Обычно принимают $\alpha = 0,0027$, что соответствует доверительной вероятности 0,9973. Часто на s -карте используют только верхнюю границу.

Карта размахов используется вместо карты средних квадратических отклонений, когда хотят упростить расчёты. Карта размахов менее точна.

При построении R -карты берут 20...30 выборок одинакового объёма из 2...10 элементов. Точки на карте – размахи выборок. Размах выборки R – это разность между максимальным x_{max} и минимальным x_{min} значениями выборки.

Средняя линия \bar{R} – это среднее размахов выборок. Контрольные границы рассчитывают по формулам

$$K_H = D_3 \bar{R}, \quad K_B = D_4 \bar{R}.$$

При уровне значимости 0,0027 коэффициенты D_3 и D_4 можно найти по табл. 13.1. При $n < 7$ нижняя контрольная граница не используется.

Таблица 13.1

Значения коэффициентов

n	2	3	4	5	6	7	8	9	10
D_3	-	-	-	-	-	0,076	0,136	0,184	0,223
D_4	3,267	2,575	2,282	2,115	2,004	1,924	1,864	1,816	1,777

Обычно при статистическом регулировании технологических процессов используют **двойные карты**, отражающие как отклонение параметра от нормы, так и его рассеяние. Это могут быть, например, $\bar{x} - R$ -карты.

Методические указания и пример построения контрольной карты

В автоматном цехе принято решение перевести на статистическое регулирование технологический процесс изготовления болта на автоматах. За показатель качества (контролируемый параметр) выбран диаметр болта, равный 26 мм, и его допускаемые отклонения:

$e_s = -0,005$ мм; $e_i = -0,019$ мм. Необходимо построить контрольную $\bar{x} - s$ -карту и провести по ней статистический анализ процесса. Для упрощения измерений и вычислений измерительный прибор (рычажная скоба) был настро-

ен на размер 25,980 мм. Объем контроля составлял 100 измерений, объем выборки – 5. Результаты измерений (отклонения от размера 25,980 мм в микрометрах) приведены в табл. 13.2.

Таблица 13.2

Результаты измерений диаметра болта

Время	№ выборки	Результаты контроля				
		1 измерение	2 измерение	3 измерение	4 измерение	5 измерение
7.00	1	10	3	5	14	10
8.00	2	2	14	8	13	11
9.00	3	12	12	3	8	10
10.00	4	12	14	7	11	9
11.00	5	10	11	9	15	7
12.00	6	11	12	11	14	12
13.00	7	15	11	14	8	3
14.00	8	12	14	12	11	11
15.00	9	11	7	11	13	9
16.00	10	14	10	9	12	8
7.00	11	9	11	14	10	13
8.00	12	13	13	6	4	13
9.00	13	5	8	3	3	4
10.00	14	8	5	6	9	13
11.00	15	8	4	9	5	8
12.00	16	4	12	10	6	10
13.00	17	10	6	13	10	5
14.00	18	7	9	12	1	7
15.00	19	4	7	6	7	12
16.00	20	10	10	6	9	3

В ячейку A1 новой книги Excel вводится заголовок выполняемой работы. В диапазон A4:F24 – исходные данные (номера выборок и результаты контроля).

Вначале необходимо получить данные для построения контрольной карты средних значений (\bar{x} -карты). В ячейке G5 рассчитывается среднее значение первой выборки при помощи статистической функции СРЗНАЧ. Полученная формула копируется в диапазон G6:G24.

В ячейке H5 рассчитывается значение $\bar{\bar{x}}$ (средней линии) как среднее из средних значений выборок при помощи статистической функции СРЗНАЧ. В полученной формуле для диапазона ячеек необходимо указать абсолютную адресацию, нажав на клавишу F4, и скопировать формулу в диапазон H6:H24.

Это необходимо для того, чтобы можно было провести среднюю линию на контрольной карте.

В ячейке В26 рассчитывается СКО всей совокупности результатов измерений σ при помощи статистической функции СТАНДОТКЛОН для диапазона В5:F24.

В ячейке I5 рассчитывается нижняя контрольная граница K_n . Формула в ячейке выглядит следующим образом: =Н5-3*В26/КОРЕНЬ(5). Указав абсолютную адресацию для имён ячеек, формулу необходимо копировать из ячейки I5 в диапазон I6:I24. Это необходимо, чтобы провести границу на карте.

В ячейке J5 рассчитывается верхняя контрольная граница K_v , и после указания абсолютной адресации для имён ячеек формулу необходимо копировать из ячейки J5 в диапазон J6:J24.

В ячейках K5 и L5 рассчитывают значения нижнего и верхнего технических допусков, вводя в них формулы =26000-19-25980 и =26000-5-25980, соответственно. Эти формулы копируются также в диапазон K6:L24.

Далее необходимо получить данные для построения контрольной карты средних квадратических отклонений (s -карту). В ячейке M5 определяется среднее квадратическое отклонение первой выборки, и полученная формула копируется в диапазон M6:M24. В ячейке N5 рассчитывается среднее из СКО выборок, и после указания абсолютной адресации формулу копируют в диапазон N6:N24. В ячейке O5 рассчитывается нижняя контрольная граница по формуле =N5*КОРЕНЬ(ХИ2ОБР(1-0,0027/2;4)/5), и формулу копируют в диапазон O6:O24. В ячейке P5 рассчитывается верхняя контрольная граница, и содержимое ячейки копируют в диапазон P6:P24.

По полученным результатам, представленным в табл. 13.3, производится построение $\bar{x} - s$ -карты.

Таблица 13.3

Данные для построения $\bar{x} - s$ -карты

№ вы-борки	Результаты контроля					Карта средних значений						Карта СКО			
						X_{cp}	$X_{cp,cp}$	K_n	K_v	T_n	T_v	S	S_{cp}	K_n	K_v
1	10	3	5	14	10	8,40	9,15	4,52	13,8	1	15	4,39	3,05	0,44	5,76
2	2	14	8	13	11	9,60	9,15	4,52	13,8	1	15	4,83	3,05	0,44	5,76
3	12	12	3	8	10	9,00	9,15	4,52	13,8	1	15	3,74	3,05	0,44	5,76
4	12	14	7	11	9	10,60	9,15	4,52	13,8	1	15	2,7	3,05	0,44	5,76
5	10	11	9	15	7	10,40	9,15	4,52	13,8	1	15	2,97	3,05	0,44	5,76
6	11	12	11	14	12	12,00	9,15	4,52	13,8	1	15	1,22	3,05	0,44	5,76
7	15	11	14	8	3	10,20	9,15	4,52	13,8	1	15	4,87	3,05	0,44	5,76
8	12	14	12	11	11	12,00	9,15	4,52	13,8	1	15	1,22	3,05	0,44	5,76
9	11	7	11	13	9	10,20	9,15	4,52	13,8	1	15	2,28	3,05	0,44	5,76
10	14	10	9	12	8	10,60	9,15	4,52	13,8	1	15	2,41	3,05	0,44	5,76
11	9	11	14	10	13	11,40	9,15	4,52	13,8	1	15	2,07	3,05	0,44	5,76

№ вы-бор-ки	Результаты контроля					Карта средних значений						Карта СКО			
						X_{cp}	$X_{cp,cp}$	K_H	K_B	T_H	T_B	S	S_{cp}	K_H	K_B
12	13	13	6	4	13	9,80	9,15	4,52	13,8	1	15	4,44	3,05	0,44	5,76
13	5	8	3	3	4	4,60	9,15	4,52	13,8	1	15	2,07	3,05	0,44	5,76
14	8	5	6	9	13	8,20	9,15	4,52	13,8	1	15	3,11	3,05	0,44	5,76
15	8	4	9	5	8	6,80	9,15	4,52	13,8	1	15	2,17	3,05	0,44	5,76
16	4	12	10	6	10	8,40	9,15	4,52	13,8	1	15	3,29	3,05	0,44	5,76
17	10	6	13	10	5	8,80	9,15	4,52	13,8	1	15	3,27	3,05	0,44	5,76
18	7	9	12	1	7	7,20	9,15	4,52	13,8	1	15	4,02	3,05	0,44	5,76
19	4	7	6	7	12	7,20	9,15	4,52	13,8	1	15	2,95	3,05	0,44	5,76
20	10	10	6	9	3	7,60	9,15	4,52	13,8	1	15	3,05	3,05	0,44	5,76

Сначала строится \bar{x} -карта. В мастере диаграмм выбирается вид диаграммы – **Точечная**, на которой значения соединены отрезками. В качестве исходных данных используется диапазон A5:A24, G5:L24. На полученную диаграмму необходимо нанести обозначения контрольных границ при помощи инструмента **Надпись** панели инструментов **Рисование**.

Аналогичным образом строится s -карта.

Построенные контрольные карты необходимо представить, как показано на рис. 13.2.

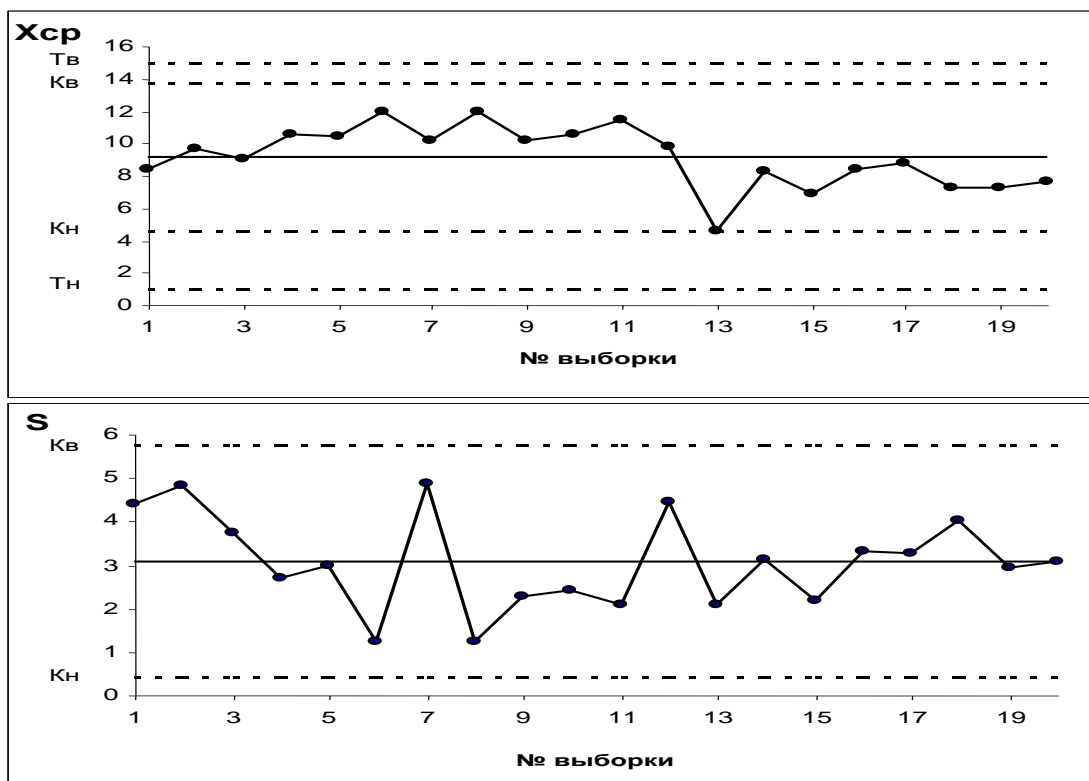


Рис.13.2. $\bar{x} - S$ -карта, полученная в примере

Анализ контрольной карты показывает, что рассеяние диаметра болта существенно, и по рассеянию процесс стабилен (оборудование настроено дос-

точно точно), поскольку на s -карте нет показаний разлаженности процесса. Однако на \bar{x} -карте имеются серии из девяти точек (с четвертой по двенадцатую) и из восьми точек (с тринадцатой по двадцатую), расположенных по одну сторону от средней линии. Это указывает на нестабильность процесса. Видимо, в течение процесса, при переходе от двенадцатой к тринадцатой точке, изменилось математическое ожидание диаметра. Следует выяснить причину этой нестабильности и провести управляющее воздействие на процесс. После стабилизации контрольную карту следует построить заново.

Задание

По результатам измерения некоторого параметра качества, представленным в табл. 13.4, построить контрольную карту в соответствии со своим вариантом задания и провести статистический анализ процесса.

Таблица 13.4

Экспериментальные данные

№ выборки	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5
1	47	44	32	35	20
2	19	31	37	25	34
3	19	16	11	11	44
4	29	42	29	59	38
5	28	45	12	36	25
6	40	11	35	38	33
7	15	12	30	33	26
8	35	32	44	11	38
9	27	26	37	20	35
10	23	26	45	37	32
11	28	40	44	31	18
12	31	24	25	32	22
13	22	19	37	47	14
14	37	12	32	38	30
15	25	24	40	50	19
16	7	23	31	18	32
17	38	41	0	40	37
18	35	29	12	48	20
19	31	35	20	24	47
20	27	38	27	40	31
21	42	52	42	24	25
22	31	15	31	3	28
23	27	22	27	32	54
24	34	15	34	29	21
25	37	45	37	14	17

Вариант 1. Контрольная $\tilde{x} - R$ -карта.

Вариант 2. Контрольная $\bar{x} - R$ -карта.

Вариант 3. Контрольная $\tilde{x} - s$ -карта.

Вариант 4. Контрольная $\bar{x} - s$ -карта.

Содержание отчета

1. Привести таблицу экспериментальных данных.
2. Представить результаты расчетов в соответствии с полученным заданием.
3. Построить контрольную карту по полученным результатам.
4. Сделать выводы по проделанной работе.

Контрольные вопросы

1. Что такое контрольная карта, и для чего она применяется?
2. Перечислите основные виды контрольных карт на основе количественных признаков.
3. Определите порядок построения контрольных карт на основе количественных признаков.

Занятие № 14

Использование контрольных карт по качественным признакам для контроля качества технологического процесса

Цель занятия: научиться строить и использовать контрольные карты по качественным признакам для статистического анализа при контроле качества технологического процесса [12, 16].

Краткие теоретические сведения

По качественным признакам (или по альтернативному признаку) различают следующие контрольные карты:

- карта доли дефектной продукции (р-карта);
- карта числа дефектных единиц продукции (рп-карта);
- карта числа дефектов (с-карта);
- карта числа дефектов на единицу продукции (u-карта).

Карта доли дефектной продукции применяется для контроля и регулирования технологического процесса по доле дефектных изделий в выборке. Точки на контрольной карте ставят по значениям доли дефектной продукции в выборках:

$$P_i = \frac{x}{n_i} ,$$

где n_i – объём i -й выборки, x – количество бракованных изделий в выборке.

Выборка берётся за смену, сутки или более продолжительный период. Среднюю линию рассчитывают по уравнению

$$\bar{p} = \frac{\sum_{i=1}^k P_i}{k} ,$$

где k – число выборок. Обычно $k = 20...30$.

Контрольные границы находят по уравнению

$$K_{\sigma, n} = \bar{p} \pm 3 \sqrt{\frac{\bar{p}(1 - \bar{p})}{n_i}} .$$

Объём выборки подбирают так, чтобы в ней было в основном от 1 до 5 дефектных изделий. Если объём выборки неодинаков при каждом отборе, то контрольные границы вычисляют при каждом отборе (для каждой точки), т.е. границы в этом случае непостоянны.

Карта числа дефектных единиц продукции используется для контроля и регулирования технологического процесса по числу дефектных изделий в выборке. Используют выборки постоянного объёма. Объём выборки подбирают так, чтобы в ней было в основном от 1 до 5 дефектных изделий. Точки наносят на карту по количеству дефектных изделий в выборке $p_i n$. Среднюю линию рассчитывают по формуле

$$\bar{p}n = \frac{\sum_{i=1}^k p_i n}{k} .$$

Контрольные границы находят по уравнению

$$K_{\sigma, n} = \bar{p}n \pm 3\sqrt{\bar{p}n(1 - \bar{p})} ,$$

где $\bar{p} = \bar{p}n / n$. Если нижняя граница $K_n < 0$, она не рассматривается.

Карта числа дефектов используется для регистрации числа дефектов c , выявленных в установленной единице контролируемой продукции, например, в рулоне ткани или бумаги, на определённой площади пластика, стекла и т.п. Предусматривают такую единицу контролируемой продукции, чтобы она содержала в основном от одного до пяти дефектов.

Среднюю линию находят по уравнению

$$\bar{c} = \frac{\sum_{i=1}^k c_i}{k} .$$

Контрольные границы определяют по формуле

$$K_{\sigma, n} = \bar{c} \pm 3\sqrt{\bar{c}} .$$

Карта числа дефектов на единицу продукции используется вместо c -карты, когда параметр единицы продукции (например, площадь, длина) не является постоянной величиной, т.е. объём выборки непостоянен. Точки на u -карте – это значения $u_i = c_i / n_i$, где c_i – число дефектов в i -й выборке. Среднюю линию определяют по формуле

$$\bar{u} = \frac{\sum_{i=1}^k c_i}{\sum_{i=1}^k n_i} .$$

Контрольные границы определяют по уравнению

$$K_{\epsilon, n} = \bar{u} \pm 3\sqrt{\bar{u}/n_i} .$$

Поскольку объём выборки непостоянен, границы тоже непостоянны, и их вычисляют для каждой точки.

Пример построения контрольной карты

При внедрении статистического регулирования производства изделий получены данные, приведённые в табл. 14.1.

Построить контрольную p -карту и провести по ней статистический анализ процесса.

Таблица 14.1

Данные эксперимента

№ вы- борки	Объём выборки	Кол-во де- фектных изделий	№ вы- борки	Объём выборки	Кол-во де- фектных из- делий
1	100	2	14	750	15
2	110	2	15	110	3
3	100	1	16	132	5
4	120	3	17	110	3
5	150	3	18	900	20
6	760	10	19	200	4
7	140	2	20	750	16
8	135	4	21	250	3
9	850	17	22	100	1
10	160	2	23	125	2
11	125	2	24	113	3
12	112	2	25	870	20
13	180	3			

Результаты расчётов приведены в табл. 14.2.

Результаты расчетов

№ вы- борки	Объем выборки	Кол-во дефектных изделий	P	P _{ср}	K _в	K _н
1	100	2	0,0200	0,0199	0,0617	-0,0220
2	110	2	0,0182	0,0199	0,0598	-0,0200
3	100	1	0,0100	0,0199	0,0617	-0,0220
4	120	3	0,0250	0,0199	0,0581	-0,0183
5	150	3	0,0200	0,0199	0,0541	-0,0143
6	760	10	0,0132	0,0199	0,0351	0,0047
7	140	2	0,0143	0,0199	0,0553	-0,0155
8	135	4	0,0296	0,0199	0,0559	-0,0162
9	850	17	0,0200	0,0199	0,0342	0,0055
10	160	2	0,0125	0,0199	0,0530	-0,0132
11	125	2	0,0160	0,0199	0,0573	-0,0176
12	112	2	0,0179	0,0199	0,0594	-0,0197
13	180	3	0,0167	0,0199	0,0511	-0,0113
14	750	15	0,0200	0,0199	0,0352	0,0046
15	110	3	0,0273	0,0199	0,0598	-0,0200
16	132	5	0,0379	0,0199	0,0563	-0,0166
17	110	3	0,0273	0,0199	0,0598	-0,0200
18	900	20	0,0222	0,0199	0,0338	0,0059
19	200	4	0,0200	0,0199	0,0495	-0,0097
20	750	16	0,0213	0,0199	0,0352	0,0046
21	250	3	0,0120	0,0199	0,0464	-0,0066
22	100	1	0,0100	0,0199	0,0617	-0,0220
23	125	2	0,0160	0,0199	0,0573	-0,0176
24	113	3	0,0265	0,0199	0,0593	-0,0195
25	870	20	0,0230	0,0199	0,0341	0,0057

Результаты построений приведены на рис.14.1.

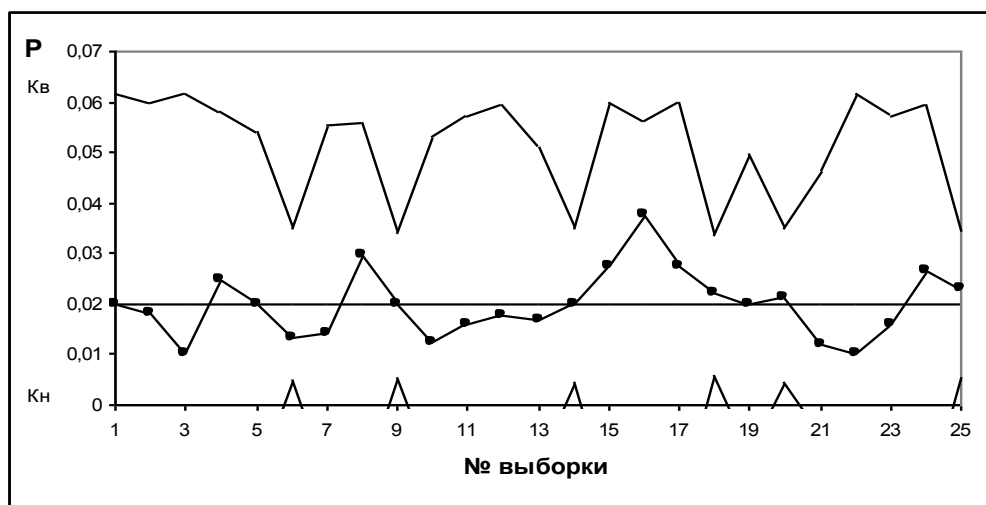


Рис. 14.1. Контрольная p-карта по данным табл. 14.1

На p -карте нет признаков разлаженности процесса. Поэтому процесс следует считать стабильным.

Задание

Вариант 1. На целлюлозно-бумажном предприятии при контроле рулонов бумаги одинаковой длины в течение 26 дней было выявлено количество дефектов на один рулон, представленное в табл. 14.3. Построить по имеющимся данным контрольную карту и определить, является ли технологический процесс стабильным. Объем выборки принять равным 100.

Таблица 14.3

Экспериментальные данные

№ выборки	Кол-во дефектов в рулоне	№ выборки	Кол-во дефектов в рулоне
1	3	14	5
2	4	15	6
3	5	16	3
4	7	17	5
5	3	18	4
6	5	19	6
7	6	20	5
8	2	21	5
9	4	22	7
10	6	23	4
11	3	24	3
12	7	25	6
13	4	26	5

Вариант 2. Построить контрольную карту по результатам, представленным в табл. 14.4. С помощью контрольной карты провести статистический анализ процесса.

Таблица 14.4

Экспериментальные данные

№ выборки	Объем выборки	Кол-во дефектных изделий	№ выборки	Объем выборки	Кол-во дефектных изделий
1	101	11	14	112	8
2	112	12	15	110	9
3	110	3	16	100	5
4	115	13	17	101	8
5	100	10	18	110	9
6	90	5	19	90	6

Окончание табл.14.4

№ вы- борки	Объём выборки	Кол-во де- фектных изделий	№ вы- борки	Объём выборки	Кол-во де- фектных из- делий
7	111	2	20	104	10
8	120	4	21	109	3
9	100	9	22	107	4
10	112	3	23	108	11
11	102	11	24	107	10
12	103	10	25	105	9
13	105	3	26	111	7

Вариант 3. Построить контрольную карту по результатам, представленным в табл. 14.5, с учётом того, что объём выборки постоянный и равен 100. С помощью контрольной карты провести статистический анализ процесса.

Таблица 14.5

Экспериментальные данные

№ выборки	Кол-во дефект- ных изделий	№ выборки	Кол-во дефект- ных изделий
1	5	14	3
2	2	15	6
3	3	16	4
4	0	17	1
5	2	18	2
6	3	19	3
7	2	20	1
8	4	21	6
9	6	22	2
10	1	23	3
11	2	24	5
12	3	25	2
13	4	26	1

Вариант 4. Построить контрольную карту по результатам, представленным в табл. 14.6. С помощью контрольной карты провести статистический анализ процесса.

Экспериментальные данные

№ вы- борки	Объём выборки	Кол-во де- фектных изделий	№ вы- борки	Объём выборки	Кол-во де- фектных изделий
1	25	1	14	75	8
2	50	2	15	65	3
3	75	3	16	39	5
4	70	3	17	45	3
5	85	1	18	90	9
6	90	5	19	90	6
7	50	2	20	75	10
8	49	4	21	25	3
9	53	9	22	89	4
10	48	3	23	58	2
11	55	2	24	39	3
12	80	1	25	87	9
13	75	3	26	85	3

Содержание отчета

1. Привести таблицу экспериментальных данных.
2. Представить результаты расчетов в соответствии с полученным заданием.
3. Построить контрольную карту по полученным результатам.
4. Сделать выводы по проделанной работе.

Контрольные вопросы

1. Чем контрольные карты по качественным признакам отличаются от контрольных карт по количественным признакам?
2. Перечислите основные виды контрольных карт на основе качественных признаков.
3. Определите порядок построения контрольных карт на основе качественных признаков.

Занятие № 15

Использование диаграммы разброса для контроля качества технологического процесса

Цель занятия: научиться строить и использовать диаграмму разброса для статистического анализа при контроле качества технологического процесса.

Краткие теоретические сведения

Диаграмма разброса показывает взаимосвязь между двумя видами связанных данных (факторов) и подтверждает их взаимную зависимость. Такими двумя видами данных могут быть характеристика качества и влияющий на неё фактор, две различных характеристики качества, два фактора, влияющих на одну характеристику качества, и т.д. [13, 15].

Для построения диаграммы разброса нужно не менее 30 пар данных (x, y) . Оси x и y строят так, чтобы длины рабочих частей были примерно одинаковы. На диаграмму наносят точки (x, y) , характеризующие исследуемые факторы, название диаграммы, а также интервал времени, число пар данных, названия осей и т.д. Точки, далеко отстоящие от основной группы, являются выбросами, и их исключают.

Возможны различные варианты скоплений точек. Для установления силы связи между величинами x и y можно использовать коэффициент корреляции, определяемый по следующей формуле

$$r = \frac{\sum_{i=1}^n ((x_i - \bar{x}) \cdot (y_i - \bar{y}))}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 \cdot \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}}, \quad (15.1)$$

где r – коэффициент корреляции; x_i – текущее значение x ; y_i – текущее значение y ; \bar{x} – среднее значение x ; \bar{y} – среднее значение y ; n – объем выборки.

Коэффициент корреляции используют только при линейной связи между величинами. Значение r находится в пределах от -1 до $+1$. Если r близко к 1 , имеется сильная положительная корреляция (сильная связь между рядами данных). Если r близко к -1 , имеется сильная отрицательная корреляция. При r , близком к 0 , корреляция слабая (зависимость между факторами отсутствует). Если r близко или больше $0,6$ (или меньше $-0,6$), корреляционная зависимость считается существенной.

Характерные варианты скоплений точек показаны на рис. 15.1.

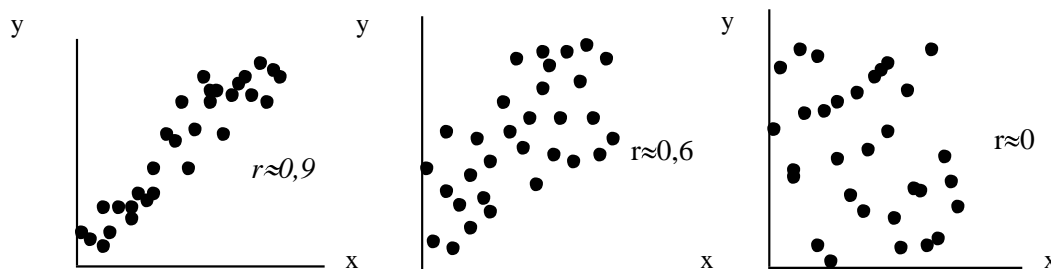


Рис 15.1. Характерные варианты скопления точек на диаграммах разброса

Можно оценить достоверность коэффициента корреляции. Для этого вычисляют его среднюю ошибку m_r по формуле

$$m_r = \pm \frac{1 - r^2}{\sqrt{n}} \quad (15.2)$$

При $r/m_r \geq 3$ коэффициент корреляции считается достоверным, т.е. связь доказана. При $r/m_r < 3$ связь считается недостоверной.

Пример построения диаграммы разброса

При статистическом анализе процесса производства тарного картона получены экспериментальные данные, характеризующие зависимость одного из показателей качества картона – разрушающего усилия при сжатии кольца Y [Н], от степени помола сульфитной целлюлозы X [°ШР]. Полученные данные приведены в табл. 15.1.

Необходимо построить диаграмму разброса и провести по ней статистический анализ технологического процесса.

Таблица 15.1

Экспериментальные данные

№	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
X	18	19	18	21	25	29	35	18	25	19
Y	200	210	205	215	220	230	250	210	225	260
№	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
X	29	36	36	35	34	21	20	25	34	32
Y	255	275	270	255	260	215	230	225	255	220
№	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
X	30	19	21	26	24	28	25	31	35	32
Y	240	205	225	230	235	240	250	260	270	250

Результаты расчетов приведены в табл. 15.2.

Результаты расчетов

№ п/п	X, °ШР	Y, Н	№ п/п	X, °ШР	Y, Н	№ п/п	X, °ШР	Y, Н
1	18	200	11	29	255	21	30	239
2	19	210	12	36	275	22	19	205
3	18	205	13	36	270	23	21	225
4	21	215	14	35	255	24	26	230
5	25	220	15	34	260	25	24	235
6	29	230	16	21	215	26	28	240
7	35	250	17	20	230	27	25	250
8	18	210	18	25	225	28	31	260
9	25	225	19	34	255	29	35	270
10	19	260	20	32	220	30	32	250

Результаты построения диаграммы разброса приведены на рис.15.2.



Рис. 15.2. Зависимость разрушающего усилия при сжатии кольца от степени помола сульфитной целлюлозы

Для определения силы связи между величинами необходимо рассчитать коэффициент корреляции по формуле (15.1). В данном случае $r = +0,79$. Можно сделать вывод, что между величинами существует довольно сильная положительная корреляция.

Для оценки достоверности коэффициента корреляции необходимо сначала вычислить его среднюю ошибку по формуле (15.2), а затем определить величину r/m_r . В нашем случае $m_r = \pm 0,07$, и отношение коэффициента корреляции к его средней ошибке равняется 11,3. Коэффициент корреляции считается достоверным.

Задание

Вариант 1. По экспериментальным данным (табл. 15.3), показывающим разрывное усилие y [Н] бумаги определённого сорта толщиной x [см], построить диаграмму разброса, рассчитать коэффициент корреляции и оценить его достоверность. Можно ли определять разрывное усилие бумаги данного сорта по её толщине?

Таблица 15.3

Экспериментальные данные

№	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
x	0,20	0,19	0,28	0,26	0,23	0,21	0,24	0,26	0,28	0,25
y	64	65	69	69	66	65	67	67	70	68
№	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
x	0,25	0,22	0,18	0,26	0,17	0,30	0,19	0,25	0,29	0,27
y	67	66	63	68	62	70	64	68	69	68
№	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
x	0,20	0,19	0,29	0,31	0,24	0,22	0,27	0,23	0,25	0,17
y	63	66	70	72	66	65	69	65	69	61

Вариант 2. В табл. 15.4 представлены данные взаимозависимости между содержанием компонента А в некотором виде металлического сырья [%] и твёрдостью по шкале Роквелла [единиц по шкале С]. Необходимо построить диаграмму разброса, рассчитать коэффициент корреляции и оценить его достоверность.

Таблица 15.4

Экспериментальные данные

№	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
x	3,9	6,5	3,7	4,5	5,0	5,8	3,3	6,2	3,6	3,9	5,1	6,4
y	56	55	43	55	46	54	42	63	48	45	50	58
№	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
x	4,2	4,9	6,0	5,4	4,4	3,8	6,7	4,6	4,3	6,3	5,2	6,4
y	50	54	52	50	60	53	63	51	45	60	48	61
№	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36
x	6,2	5,5	2,7	2,8	5,4	5,8	6,6	5,3	4,2	4,3	4,0	5,4
y	56	46	41	43	58	60	61	55	46	53	51	56

Вариант 3. В табл. 15.5 представлены данные взаимозависимости между уровнем массы в ванне вакуум-фильтра [м] и влажностью осадка после вакуум-фильтра [%]. Необходимо построить диаграмму разброса, рассчитать коэффициент корреляции и оценить его достоверность.

Таблица 15.5

Экспериментальные данные

№	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
x	0,75	0,77	0,78	0,85	0,82	0,86	0,79	0,89	0,87	0,78
y	73,91	73,52	74,55	74,11	73,99	74,15	74,11	74,02	73,01	73,24
№	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
x	0,84	0,86	0,78	0,79	0,81	0,75	0,86	0,91	0,92	0,85
y	74,15	74,21	74,05	74,00	74,12	73,11	74,21	74,99	75,01	73,97
№	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
x	0,75	0,79	0,89	0,94	0,75	0,84	0,79	0,89	0,94	0,77
y	73,85	73,79	74,11	74,58	73,42	73,99	73,54	74,24	75,01	73,89

Вариант 4. В табл. 15.6 представлены данные взаимозависимости между разрывным усилием y [Н] картона сорта К-3 и толщиной x [см] этого картона. Необходимо построить диаграмму разброса, рассчитать коэффициент корреляции и оценить его достоверность.

Таблица 15.6

Экспериментальные данные

№	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
x	0,35	0,29	0,34	0,36	0,33	0,25	0,35	0,36	0,31	0,27
y	65	64	70	71	69	68	67	69	72	69
№	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
x	0,29	0,32	0,28	0,26	0,35	0,35	0,29	0,25	0,29	0,27
y	70	65	66	70	72	70	65	70	65	70
№	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
x	0,25	0,29	0,39	0,31	0,28	0,29	0,27	0,33	0,25	0,37
y	65	69	71	71	66	69	68	68	70	65

Содержание отчета

1. Привести таблицу экспериментальных данных.
2. Представить результаты расчетов в соответствии с полученным заданием.
3. Построить диаграмму разброса.
4. Сделать выводы по проделанной работе.

Контрольные вопросы

1. Что такое диаграмма разброса, и для чего она применяется?
2. Что характеризуется коэффициентом корреляции?
3. Приведите примеры использования диаграммы разброса.

Занятие № 16
**Использование гистограммы
для контроля качества технологического процесса**

Цель занятия: научиться строить и использовать гистограммы для статистического анализа при контроле качества технологического процесса и делать выводы об изменениях условий технологического процесса [16].

Краткие теоретические сведения

Для оценки некоторого показателя качества по накопленным за некоторый период (смена, сутки, месяц) данным, которые называются *выборкой*, строится гистограмма. По гистограмме можно наглядно увидеть и оценить эффективность технологического процесса или выявить долю брака (в процентах) за указанный период.

Чем больше объем выборки значений показателя Y , тем ближе гистограмма к кривой плотности распределения показателя и тем надежнее получаемые с ее помощью оценки.

Построенные по данным, накопленным за некоторый период времени (смена, сутки, месяц), гистограммы показателей качества продукции позволяют сопоставить полученные результаты с имеющимися директивными установками.

Сравнение гистограмм, построенных за последовательные периоды времени, позволяет сделать заключения об изменениях условий технологического процесса и привлечь дополнительную информацию для выявления причин этих изменений. Устойчивый характер гистограмм дает возможность прогнозировать ожидаемое распределение значений соответствующих показателей (при сохранении условий технологического процесса).

Данная задача весьма актуальна для промышленных предприятий.

Методические указания и пример построения гистограммы

За некоторый период работы картоноделательной машины (КДМ), выпускающей картон для гладких слоев тарного гофрокартона, накоплена выборка из $n=20$ значений показателя механической прочности – сопротивления продавливанию. Картону присваиваются марки К-1, К-2, К-3, К-4 или брак в зависимости от значений данного показателя в соответствии с требованиями, приведенными в табл.16.1. Производство картона имеет установку: выпуск марки К-1 не менее 80 %, марки К-3 – не более 4 %.

Требуется:

- построить гистограмму плотности распределения вероятности показателя механической прочности;
- построить гистограмму для оценки вероятностей попадания в диапазоны требований к качеству продукции.

Исходные данные

1. Выборка показателя качества: сопротивление продавливанию, кПа:

390, 370, 375, 480, 300, 480, 495, 510, 550, 520,

600, 630, 350, 610, 600, 615, 605, 590, 570, 650.

2. Требования к качеству продукции, приведенные в табл.16.1.

Таблица 16.1

Требования к качеству продукции

Наименование показателя	Марки картона массой 200 г/м ²				
	К-1	К-2	К-3	К-4	Брак
Сопротивление продавливанию, кПа	Не менее 590	Не менее 490	Не менее 390	Не менее 345	Менее 345

Построение гистограммы плотности распределения вероятности какой-либо случайной величины выполняется по следующему алгоритму:

1. В выборке определяется число данных, отыскиваются наименьшее (Y_n) и наибольшее (Y_6) значения параметра.

2. Осуществляется разбиение диапазона изменения параметра на интервалы ΔY . Число интервалов k может быть рассчитано по эмпирической формуле, при этом все интервалы имеют равную длину, а может быть задано, исходя из требований технологического регламента (или ГОСТ), при этом величины интервалов также определяются из требований регламента или ГОСТ.

Эмпирическая формула для расчета числа интервалов k имеет вид:

$k = \varepsilon(1 + 3,2 \cdot \log(n))$, где n – число данных в выборке, ε – функция округления до целого.

Величина каждого интервала рассчитывается по формуле $\Delta Y = \frac{Y_6 - Y_n}{k}$.

3. Определяется число данных выборки, попадающих в каждый из интервалов. Если какое либо значение попадает на границу двух интервалов, то к числу данных, попавших в каждый из интервалов, примыкающих к границе, добавляется $\frac{1}{2}$.

4. Рассчитывается частота попадания в каждый интервал, для этого число данных в интервале делят на общее число данных в выборке.

5. Рассчитывается плотность попадания в каждый интервал, для этого частоту попадания для данного интервала делят на величину данного интервала.

Расчет и построение графика можно выполнить в табличном редакторе Microsoft Excel.

Для этого создают рабочую книгу, на первом листе которой формируют таблицу для расчета данных (табл.16.2), при этом:

- значения нижней и верхней границ для каждого интервала рассчитываются по формулам через данные вспомогательной таблицы;
- количество точек определяется по исходным данным и заносится в таблицу вручную;
- для проверки правильности расчета определяется *общее число данных*, как сумма количества точек попадания в каждый интервал (это значение должно совпадать с числом данных в выборке, занесенных во вспомогательную таблицу), и *общая частота попадания*, как сумма значений частоты для каждого интервала, это значение должно быть равно единице.

Таблица 16.2

Данные для построения гистограммы

Вспомогательная таблица					Результаты обработки данных для показателя сопротивления продавливанию					
число данных в выборке	нижняя граница	верхняя граница	расчет числа интервалов	расчет величины интервала	№ интервала	нижняя граница	верхняя граница	количество точек	частота попадания	плотность попадания
20	300	650	5	70	1	300	370	2,5	0,125	0,00178
					2	370	440	2,5	0,125	0,00178
					3	440	510	3,5	0,175	0,0025
					4	510	580	3,5	0,175	0,0025
					5	580	650	8	0,4	0,00571
					Сумма			20	1	

Для параметра *Частота попадания* строится гистограмма в зависимости от значений показателя качества (рис. 16.1).

При построении гистограммы для оценки вероятностей попадания в диапазоны требований к качеству продукции порядок выполнения задания аналогичен приведенному выше, однако если число интервалов и их величина определены требованиями ГОСТ, то расчетов в п.2 данного занятия не требуется.

Пример оформления расчета (табл.16.3) и построения гистограммы (рис.16.2) выполнен в табличном редакторе Microsoft Excel.

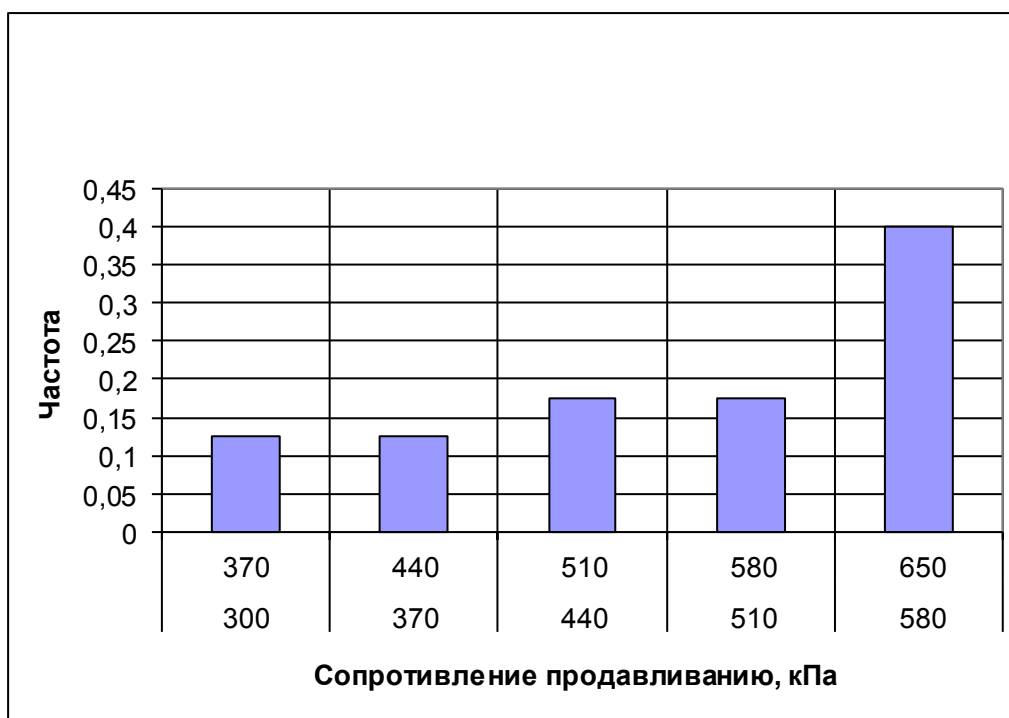


Рис.16.1. Гистограмма сопротивления продавливанию

Таблица 16.3

Результаты обработки данных для показателя сопротивление продавливанию

№ интервала	Марка продукции	Нижняя граница	Верхняя граница	Количество точек	Частота попадания	Плотность попадания
1	брак	300	345	1	0,05	1,0
2	К-4	345	390	3,5	0,175	3,5
3	К-3	390	490	2,5	0,125	2,5
4	К-2	490	590	5,5	0,275	5,5
5	К-1	590	650	7,5	0,375	7,5
				20	1	

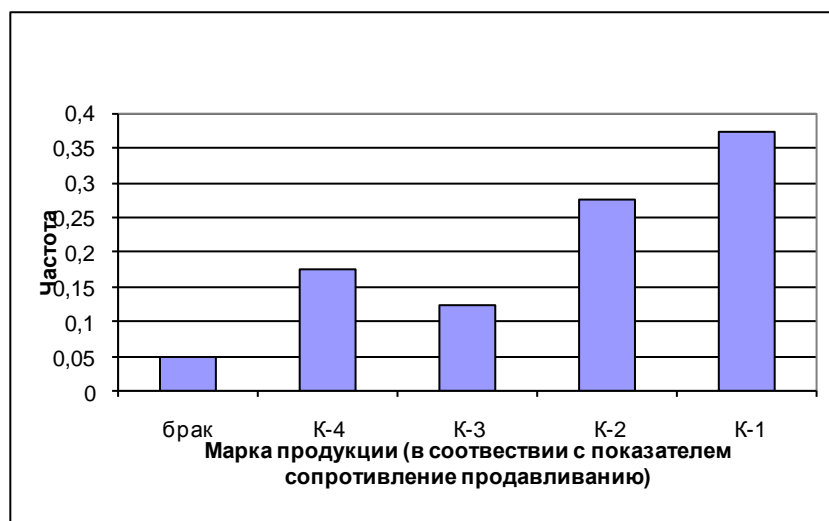


Рис.16.2. Гистограмма оценки качества продукции

Выводы. Так как производство картона имеет установку: выпуск марки К-1 не менее 80 %, марки К-3 – не более 4 %, а результаты расчета дают значения выпуска картона марки К-1 – 37,5 % (частота попадания 0,375) и марки К-3 – 12,5 % (частота попадания 0,125), то качество продукции за рассмотренный период времени является неудовлетворительным.

Задание

Дана выборка значений показателя качества готовой продукции, требования ГОСТ, в соответствии с которыми продукции присваивается определенная марка, и условия, предъявляемые к объемам производства продукции каждой марки. Требуется построить гистограмму плотности распределения показателя и гистограмму для оценки работы цеха (производства).

В табл.16.4 – 16.6 представлены значения показателя качества тарного картона: сопротивление продавливанию в кПа, в табл.16.7 – требования к этому показателю.

Вариант 1

Таблица 16.4

Экспериментальные данные

№ п/п	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Значение	300	330	370	440	510	490	320	540	530	460	500	510
№ п/п	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Значение	470	460	430	530	380	500	430	350	538	320	456	510
№ п/п	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36
Значение	390	370	380	320	540	390	500	430	370	500	410	400

Вариант 2

Таблица 16.5

Экспериментальные данные

№ п/п	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Значение	600	610	580	560	620	600	590	480	450	520	600	550
№ п/п	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Значение	580	410	450	470	590	570	530	340	356	345	380	390
№ п/п	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36
Значение	450	480	570	560	510	480	530	570	430	370	390	400

Вариант 3

Таблица 16.6

Экспериментальные данные

№ п/п	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Значение	560	520	585	600	600	520	480	462	350	360	420	330
№ п/п	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Значение	540	550	610	460	590	480	590	450	390	350	310	350
№ п/п	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36
Значение	580	580	450	610	580	470	610	480	485	365	600	410

Таблица 16.7

Требования к сопротивлению продавливания

Наименование показателя	Марки картона массой 200 г/м ²			
	К-1	К-2	К-3	К-4
Сопротивление продавливанию, кПа	Не менее 570	Не менее 460	Не менее 390	Не менее 340

Если показатель менее 340 кПа, то продукция считается браком.

В табл.16.8 – 16.10 представлены значения показателя качества тарного картона: разрушающее усилие при сжатии кольца [Н], в табл.16.11 – требования к этому показателю.

Вариант 4

Таблица 16.8

Экспериментальные данные

№ п/п	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Значение	210	300	450	430	220	340	370	470	420	360	480	240
№ п/п	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Значение	260	370	410	480	420	370	390	260	240	245	268	387
№ п/п	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36
Значение	395	460	486	420	340	385	390	400	455	250	360	370

Вариант 5

Таблица 16.9

Экспериментальные данные

№ п/п	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Значение	500	480	290	450	361	356	453	270	280	290	450	300
№ п/п	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Значение	490	460	330	320	382	280	257	310	270	400	430	420
№ п/п	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36
Значение	510	420	340	350	345	260	290	320	290	410	290	425

Вариант 6

Таблица 16.10

Экспериментальные данные

№ п/п	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Значение	440	370	420	360	350	265	350	210	280	460	415	480
№ п/п	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Значение	390	410	390	345	290	250	320	230	330	450	390	425
№ п/п	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36
Значение	350	460	380	330	270	410	310	260	490	420	360	370

Требования к разрушающему усилию при сжатии кольца

Наименование показателя	Марки картона массой 220 г/м ²			
	К-1	К-2	К-3	К-4
Разрушающее усилие при сжатии кольца, Н	не менее 450	не менее 370	не менее 290	не менее 240

Если показатель менее 240 Н, то продукция считается браком.

Содержание отчета

1. Привести задание для расчета.
2. Представить результаты расчета плотности распределения показателя качества.
3. Построить график плотности распределения показателя качества (гистограмма).
4. Представить результаты расчета вероятностей попадания в диапазоны требований к качеству продукции.
5. Построить график для оценки качества продукции.
6. Сделать выводы на основании расчетов.

Контрольные вопросы

1. Какой график называют гистограммой?
2. Каков порядок построения гистограммы?
3. Как выбрать оптимальное число интервалов для построения гистограммы?
4. Как по гистограмме показателя качества готовой продукции можно делать выводы об изменениях условий технологического процесса?
5. Что называется плотностью распределения случайной величины?
6. Как по плотности распределения показателя качества можно прогнозировать ожидаемое распределение значений этого показателя?

Использование причинно-следственной диаграммы для контроля качества технологического процесса

Цель занятия: научиться строить и использовать причинно-следственную диаграмму (диаграмму Исикавы) для статистического анализа при контроле качества технологического процесса [11, 15].

Краткие теоретические сведения

Причинно-следственная диаграмма (диаграмма Исикавы) применяется, как правило, при анализе дефектов, приводящих к наибольшим потерям. Она позволяет выявить причины таких дефектов и сосредоточиться на устранении этих причин.

При анализе основных (первичных) факторов выявляются вторичные, а иногда и третичные причины, приводящие к дефектам и подлежащие устранению. Поэтому для анализа дефектов и построения диаграммы необходимо определить максимальное число причин, которые могут иметь отношение к допущенным дефектам.

Такую диаграмму предложил использовать в 1953 г. японский ученый К. Исикава. Ее называют также «рыбий скелет», диаграммой «четырёх М» (иногда «пяти М») – по составу четырех (или пяти) основных факторов:

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

Method (метод) – причины, связанные с технологией работы, с организацией процессов;

Material (материал) – причины, связанные с материалами;

Machine (машина или оборудование) – причины, связанные с оборудованием;

Measurement (измерение) – причины, связанные с методами измерения.

Диаграмма выявляет отношение между показателями качества и воздействующими на них факторами. Сначала формулируется проблема или дефект качества. Это «голова рыбы». Основные фактора анализа – это «большие кости скелета». Для каждого фактора на диаграмму наносят вероятные причины дефектов – это «ребра», т.е. «средние» и «мелкие кости рыбьего скелета» (рис.17.1).

Диаграмма Исикавы может быть использована, прежде всего, при управлении качеством продукции. При вычерчивании диаграммы выбирается один показатель качества или одно из следствий, которые необходимо контролировать. «Следствием» может быть дефект (несоответствие), качество в целом. На каждый показатель качества необходимо строить свою диа-

грамму причин и результатов. Формулировка показателя качества должна быть краткой и четкой, иначе, если показатель будет сформулирован неконкретно, то будет построена диаграмма, основанная на общих соображениях. Такая диаграмма не даст результатов при решении конкретных проблем.

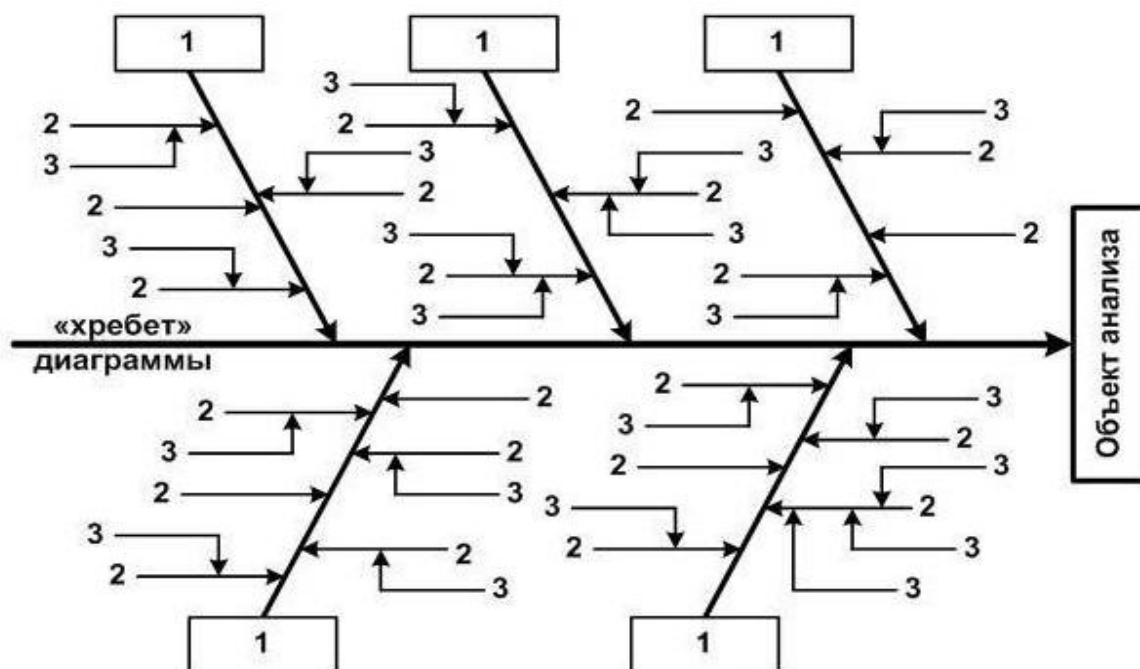


Рис.17.1. Схема построения диаграммы Исикавы: 1 – факторы первого порядка («большие кости»); 2 – факторы второго порядка («средние кости»); 3 – факторы третьего порядка («мелкие кости»)

Помимо этого, она может применяться при проектировании новых товаров, модернизации производственных процессов и в некоторых других случаях. Диаграмма может строиться и одним человеком, и группой лиц по предварительному обсуждению. В результате использования данного инструмента в своей деятельности предприятие получает возможность в достаточно простой форме систематизировать причины рассматриваемой проблемы, при этом провести отбор наиболее важных и выделить среди них приоритетные направления работы путем ранжирования причинно-следственных связей.

Данный метод весьма актуален для промышленных предприятий, но может применяться для решения любой проблемы. Например, на рис.17.2 приведен пример диаграммы Исикавы для анализа причин поражения в спортивных матчах.

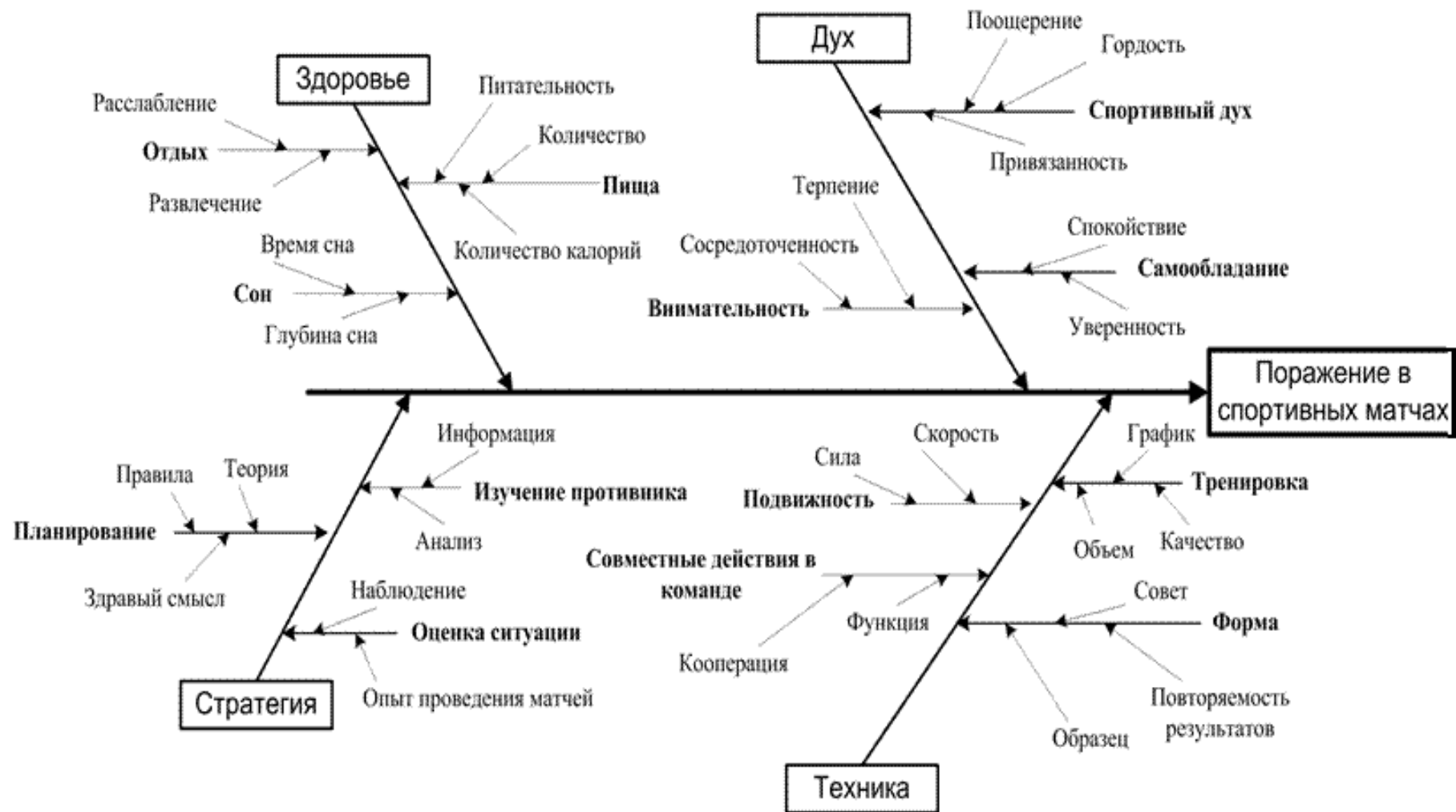


Рис. 17.2. Диаграмма Исикавы, используемая для анализа причин поражения в спортивных матчах

Методические указания и пример построения причинно-следственной диаграммы

В диаграмме исследуемый вопрос (например, характеристика качества продукции) изображается в виде прямой горизонтальной линии, а категории причин (они также называются причинные факторы первого порядка), влияющие на исследуемую характеристику, даются большими наклонными прямыми линиями (стрелками), а второго, третьего и т.д. – малыми наклонными линиями (стрелками).

Необходимо построить диаграмму Исикавы на примере анализа причин появления брака при выпуске изделия. В данном случае в качестве следствия (проблемы) выступает производственный брак. Группой исследователей были определены различные причины, влияющие на появление брака. Все причины были ранжированы, отброшены малозначительные и оставлены наиболее важные факторы. На рис. 17.3 приведена диаграмма Исикавы, полученная в результате выполненного анализа.



Рис.17.3. Диаграмма Исикавы для анализа причин появления брака при выпуске продукции

К причинам первого порядка были отнесены материалы, оборудование,

комплектующие, труд, условия труда и технология. На них непосредственное влияние оказывают причины второго порядка: примеси, влажность, доставка, точность, контроль, хранение, воздушная среда, рабочее место, культура производства, возраст станка, обслуживание, дисциплина, квалификация, опыт, инструмент, средства измерения, технологическая дисциплина, документация, оснастка (ее наличие). На причины второго порядка влияют причины третьего порядка, к которым отнесли температуру, влажность хранения, приемку при контроле, освещенность и шум на рабочем месте, качество оснастки. Все эти причины разнесены по соответствующим местам и построена диаграмма Исикавы.

При этом нужно понимать, что причины, выявленные другой группой исследователей, могут быть иные.

Задание

Студенты делятся на группы по 3-5 человек и строят причинно-следственную диаграмму для оценки качества продукции, услуги, изделия, процесса или группы процессов по их собственному выбору.

Содержание отчета

1. Представить выбранный показатель качества продукции, процесса и т.п.
2. Составить и привести список основных, вторичных, третичных факторов, влияющих на выбранный показатель качества.
3. Представить построенную диаграмму Исикавы.
4. Сделать выводы на основании расчетов (рекомендации по улучшению качества объекта исследований).

Контрольные вопросы

1. Для чего служит и что характеризует диаграмма Исикавы?
2. Как следует строить причинно-следственную диаграмму?
3. В чём заключается основное достоинство диаграммы Исикавы?
4. Какие методы могут быть использованы для оценки значимости влияющих факторов?

**Использование диаграммы Парето
для контроля качества технологического процесса**

Цель занятия: научиться строить и использовать диаграмму Парето для статистического анализа при контроле качества технологического процесса [11, 12, 15].

Краткие теоретические сведения

Диаграмму Парето, названную по имени итальянского экономиста Вильфредо Парето (1845-1923), часто используют для анализа причин брака. Она применяется, когда требуется наглядно представить относительную важность всех причин появления брака и выявить причины, имеющие наибольшую долю, с тем, чтобы выработать меры по первоочередному устранению этих причин. Сравнивая диаграммы Парето, построенные по данным до и после улучшения процесса, оценивают эффективность принятых мер.

Диаграмма Парето строится в виде столбчатого графика и показывает в убывающем порядке относительное влияние каждой причины на общую проблему. Столбики соответствуют отдельным факторам, являющимся причинами возникновения брака. Высота столбика соответствует доле фактора в общей величине потерь. Кроме того, на диаграмме обычно приводят (строят) кумулятивную кривую накопленного процента причин брака.

Диаграмма Парето позволяет анализировать проблемы из любой сферы деятельности предприятия, в том числе в сфере управления качеством. Причины изменений качества делятся на две группы: немногочисленные существенно важные и многочисленные незначительные. Устраняя причины брака первой группы, можно устранить почти все потери, вызванные снижением качества. Эту диаграмму целесообразно применять вместе с причинно-следственной диаграммой.

При использовании диаграммы Парето обычно сначала строят диаграмму по результатам деятельности для выявления главной из существующих проблем. Затем строят диаграмму по причинам для выявления главных причин этой проблемы и её решения и т.д. После проведения корректирующих мероприятий по повышению качества продукции диаграмму Парето можно вновь построить и проверить эффективность проведённых улучшений.

При использовании диаграммы Парето для контроля определяющих факторов наиболее распространённым методом анализа является так называемый ABC-анализ.

Анализ качества осуществляется в следующей последовательности:

- собираются статистические данные, имеющие отношение к браку, выявляется количество видов брака и подсчитывается сумма потерь, соответствующая каждому из видов;
- распределяются виды брака по группам А, В и С в порядке убывания суммы потерь, а в конце ряда ставятся «Прочие виды», не имеющие значения для данного анализа и поэтому недифференцированные;
- строится столбчатый график, по оси абсцисс которого откладываются виды брака, а по оси ординат – сумма потерь (или число дефектных деталей), где каждому виду брака соответствует свой прямоугольник (столбец), размер которого соответствует величине потерь от этого вида брака (основания всех прямоугольников равны), и строится кривая кумулятивной суммы (кривая Лоренца). На правой стороне графика откладывается значение кумулятивного процента.
- подсчитывается накопленная сумма, принимаемая за 100 %. Стоимостной анализ диаграммы Парето показывает, что на группу факторов А приходится, как правило, 70-80 % всех затрат, на группу В – 10-25 %, группа С характеризуется 5-10 % затрат, связанных с ошибками и дефектами в работе.

В качестве факторов часто используются виды брака (отклонения в размерах, изгиб, царапины и др.), а также брак из-за технологического процесса, если имеются данные о величине потерь от брака по каждой операции.

При проведении анализа прежде всего исследуются факторы группы А и разрабатывается план организационно-технических мероприятий по устранению именно этих дефектов и повышению качества продукции.

Диаграмма Парето используется и в противоположном случае, когда положительный опыт отдельных цехов или подразделений необходимо внедрить на всем предприятии.

Пример построения причинно-следственной диаграммы

На рис.18.1 приведен пример диаграммы Парето, построенной по данным о дефектной продукции, изготовленной в литейном цехе за определенный период времени. Данные для построения диаграммы Парето приведены в табл.18.1.

В таблице виды дефектов приведены в порядке убывания их количества. Для получения данных, используемых при построении диаграммы Парето, можно использовать контрольный листок, в котором и отмечается количество встречаемых дефектов.

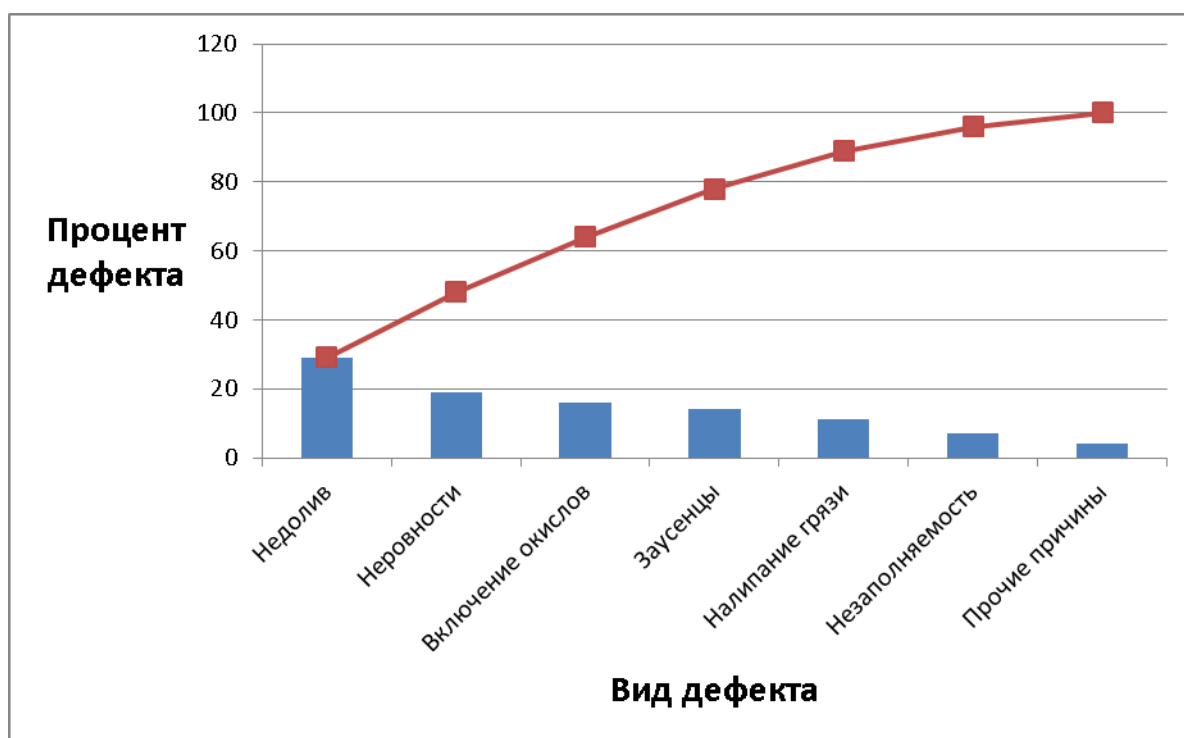


Рис.18.1. Диаграмма Парето

Таблица 18.1

Экспериментальные данные о дефектах продукции литейного цеха

Номер дефекта	Виды дефектов	Число дефектов	Процент дефекта	Накопленный процент
1	Недолив	25	29	29
2	Неровности	16	19	$29 + 19 = 48$
3	Включение окислов	14	16	$48 + 16 = 64$
4	Заусенцы	12	14	$64 + 14 = 78$
5	Налипание грязи	9	11	$78 + 11 = 89$
6	Незаполняемость	6	7	$89 + 7 = 96$
7	Прочие причины	3	4	$96 + 4 = 100$

На диаграмме видно, что самым распространенным дефектом является «недолив». Таким образом, желая сократить долю брака, следует начинать борьбу с «недоливом», затем с «неровностями» и т.д.

Дефекты «Недолив» и «Неровности» входят в группу А, «Включение окислов», «Заусенцы» и «Налипание грязи» – в группу В, а «Незаполняемость» и

«Прочие причины» – в группу С. Таким образом, из графика следует, что можно установить сравнительно небольшое число причин, устранение которых значительно уменьшит брак.

Устранение причин брака проводится в порядке их значимости до тех пор, пока дальнейшее улучшение процесса окажется экономически неоправданным.

Диаграмму Парето иногда называют «80/20», поскольку в ней находит отражение известный принцип статистики, заключающийся в том, что 80 % выпуска некачественной продукции связано всего с 20 % всех возможных причин.

Задание

При контроле изготовленных автомобильных дверей были обнаружены следующие дефекты, обусловленные условиями проведения технологического процесса:

- царапины;
- трещины в зоне А;
- трещины в зоне В;
- не выдержан размер Б;
- отслоение покрытия;
- некачественная сварка;
- некачественная окраска;
- прочие дефекты.

С помощью контрольного листка для регистрации данных были собраны статистические данные, представленные в табл. 18.2.

Необходимо исследовать количество дефектов, возникающих при изготовлении автомобильных дверей в течение одного дня, построить диаграмму Парето и сделать выводы по повышению качества готовой продукции.

Экспериментальные данные для выполнения задания

Вид дефекта	Число дефектов									
	Вариант									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Царапины	10	15	14	24	24	15	18	25	23	29
Трещины в зоне А	9	8	9	8	4	5	1	9	5	7
Трещины в зоне В	8	10	8	13	9	10	12	23	7	3
Не выдержан размер Б	15	11	18	18	19	11	13	18	16	13
Отслоение покрытия	6	5	6	1	8	6	10	6	6	11
Некачественная сварка	2	6	10	11	7	8	10	11	9	5
Некачественная окраска	11	13	13	10	5	7	9	8	12	9
Прочие дефекты	1	2	2	7	3	4	6	5	1	8

Содержание отчета

1. Привести вариант задания.
2. Представить таблицу расчетных значений для построения диаграммы.
3. Привести построенную диаграмму Парето.
4. Сделать выводы на основании расчетов (рекомендации по улучшению качества объекта исследования).

Контрольные вопросы

1. Для чего служит и что характеризует диаграмма Парето?
2. Как следует строить диаграмму Парето?
3. В чём заключается основное достоинство диаграммы Парето?
4. Какие методы могут быть использованы для оценки качества продукции вместе с диаграммой Парето?
5. В чем заключается суть ABC-анализа?

Библиографический список

1. Бондаренкова И.В., Ковчин И.С., Кондрашкова Г.А. и др. Основы метрологии, стандартизации и сертификации: учеб. пособие / СПбГТУРП. – СПб., 2005. – 36 с.
2. Кондрашкова Г.А. Технологические измерения и приборы в целлюлозно-бумажной промышленности: учебник для вузов. – М.: Лесная промышленность, 1981. – 375 с.
3. Кондрашкова Г.А. и др. Метрология: учеб. пособие / СП ГТУРП. – СПб.: СПб ГТУРП, 2011. – 153 с.
4. Шишкин И.Ф. Теоретическая метрология. Ч.1. Общая теория измерений / СЗТУ. – СПб., 2008. – 190 с.
5. Кочетков Е.С., Смерчинская С.О., Соколов В.В. Теория вероятностей и математическая статистика: учебник. – М.: Форум, НИЦ «ИНФРА-М», 2014. – 240 с.
6. Кайнова В.Н., Гребнева Т.Н. и др. Метрология, стандартизация и сертификация. Практикум: учеб. пособие / – СПб.: Лань, 2015. – 368 с.
7. Р 50.2.038-2004 «ГСИ. Измерения прямые однократные. Оценивание погрешностей и неопределенности результата измерений».
8. ГОСТ 34100.3-2017. Неопределенность измерения. Часть 3. Руководство по выражению неопределенности измерения.
9. Бондаренкова И.В. и др. Практикум по метрологии, стандартизации и сертификации: учеб.-метод. пособие / СПбГТУРП, – СПб., 2013. – 101 с.
10. Крылова Г.Д. Основы стандартизации, сертификации и метрологии: учебник. – М.: Юнити, 2006. – 672 с.
11. Управление качеством. Практикум. – 2-е изд.: учеб. пособие для академического бакалавриата / под ред. Е.А.Горбашко. – М.: Юрайт, 2018. – 323 с.
12. Подольская М.Н. Квалиметрия и управление качеством: лабораторный практикум. –Тамбов: Изд-во ТГТУ, 2011. – 80 с.
13. Петровский Э.А. Квалиметрия в управлении качеством технологических машин: учебник. – Старый Оскол: ТНТ, 2017. – 247 с.
14. Окрепилов В.В. Управление качеством: учебник. – СПб.: Наука, 2000. – 912 с.
15. Леонов О.А., Темасова Г.Н., Вергазова Ю.Г. Управление качеством: учебник. – СПб.: Лань, 2018. –180 с.
16. Клячкин В.Н. Статистические методы в управлении качеством. Компьютерные технологии: учеб. пособие. – М.: ИНФРА-М, 2009. – 304 с.
17. «Семь инструментов качества» в японской экономике / сост. Э.К.Николаева. – М.: Изд-во стандартов, 1990. – 89 с.

Содержание

Предисловие	3
I. Метрология.	5
Занятие № 1. Градуировка средств измерений.	5
Занятие № 2. Поверка (калибровка) средств измерений.	13
Занятие № 3. Оценка погрешностей результатов однократных измерений с помощью технических средств измерений.	16
Занятие № 4. Обработка результатов прямых однократных измерений.	22
Занятие № 5. Обработка данных при прямых многократных измерениях.	28
Занятие № 6. Анализ погрешностей результатов косвенных измерений.	32
Занятие № 7. Обнаружение и исключение промахов из прямых наблюдений при многократных измерениях.	38
II. Стандартизация.	41
Занятие № 8. Определение подлинности товара по штрих-коду международного стандарта EAN	41
Приложение 8.1. Штрих-коды некоторых стран.	45
Занятие № 9. Изучение основополагающих нормативных документов по стандартизации Российской Федерации.	46
III. Сертификация.	49
Занятие № 10. Изучение порядка проведения сертификации продукции	49
Приложение 10.1. Бланк сертификата соответствия продукции ...	51
Приложение 10.2. Правила заполнения бланка сертификата соответствия продукции.	53
Приложение 10.3. Существующие схемы сертификации продукции.	55
Приложение 10.4. Форма заявки на проведение сертификации продукции.	56
Занятие № 11. Изучение порядка проведения сертификации услуг.	57
Приложение 11.1. Форма заявки на проведение сертификации услуг.	61
Приложение 11.2. Существующие схемы сертификации услуг ...	62
Приложение 11.3. Бланк сертификата соответствия услуги	63
Приложение 11.4. Правила заполнения бланка сертификата соответствия услуги.	64

IV. Квалиметрия и управление качеством.	66
Занятие № 12. Формирование экспертной группы. Расчет количества экспертов	66
Занятие № 13. Использование контрольных карт по количественным признакам для контроля качества технологического процесса ..	73
Занятие № 14. Использование контрольных карт по качественным признакам для контроля качества технологического процесса	82
Занятие № 15. Использование диаграммы разброса для контроля качества технологического процесса	89
Занятие № 16. Использование гистограммы для контроля качества технологического процесса.	94
Занятие № 17. Использование причинно-следственной диаграммы для контроля качества технологического процесса.	102
Занятие № 18. Использование диаграммы Парето для контроля качества технологического процесса.	107
Библиографический список.	112

Редактор и корректор Н.П.Новикова
Техн. редактор Л.Я.Титова

Темплан 2019 г., поз. 18

Подп. к печати 08.04.2019 г. Формат 60x84/16. Бумага тип. № 1.
Печать офсетная. Усл. печ. л. 7,25; уч.-изд. л. 7,25. Тираж 50 экз. Изд.№. 18.
Цена «С». Заказ

Ризограф Высшей школы технологии и энергетики СПбГУПТД, 198095, СПб.,
ул. Ивана Черных, 4.