

**Министерство образования и науки Российской Федерации**

Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Государственный университет управления»

Институт отраслевого менеджмента  
Кафедра управления инновациями

У т в е р ж д е н о  
проректором  
доц. Н.Н. Михайловым

---

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2016 г.

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ**  
**к практическим занятиям по учебной дисциплине**  
**«Метрология, стандартизация и сертификация»**

для подготовки бакалавров по направлению  
27.03.05 Инноватика

Москва – 2016

УДК 006.9:001.895(075)

6Н1

Методические указания к практическим занятиям по учебной дисциплине «Метрология, стандартизация и сертификация» для подготовки бакалавров по направлению 27.03.05 Инноватика [Текст] / Государственный университет управления, Институт отраслевого менеджмента ГУУ, кафедра управления инновациями; [сост.: А.А. Фаюстов] . – М.: ГУУ, 2016. – 95 с.

**СОСТАВИТЕЛЬ**

кандидат экономических наук, доцент

**А.А. ФАЮСТОВ**

**ОТВЕТСТВЕННЫЙ РЕДАКТОР**

заведующий кафедрой управления инновациями

доктор экономических наук, профессор

**А.Т. ВОЛКОВ**

**ОБСУЖДЕНЫ**

на заседании кафедры управления инновациями

« 26 » августа 2016 г.

**ОБСУЖДЕНЫ И ОДОБРЕНЫ**

на заседании Методического совета

Института отраслевого менеджмента ГУУ

« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2016 г.

## СОДЕРЖАНИЕ

Предисловие .....	5
Введение.....	5
Рекомендуемые правила по округлению результатов измерений .....	7
1. КЛАССЫ ТОЧНОСТИ СРЕДСТВ ИЗМЕРЕНИЙ .....	8
2. ОБРАБОТКА РЕЗУЛЬТАТОВ ПРЯМЫХ ОДНОКРАТНЫХ ИЗМЕРЕНИЙ .....	10
3. ОБРАБОТКА РЕЗУЛЬТАТОВ КОСВЕННЫХ ИЗМЕРЕНИЙ .....	15
4. ОБРАБОТКА РЕЗУЛЬТАТОВ МНОГОКРАТНЫХ ИЗМЕРЕНИЙ.....	22
4.1. Точечные и интервальные оценки истинного значения измеряемой величины .....	22
4.2. Обнаружение грубых погрешностей.....	25
4.3. Обработка результатов прямых многократных измерений .....	27
4.4. Проверка нормальности распределения .....	33
4.5. Обработка результатов нескольких серий измерений .....	35
5. ОБРАБОТКА РЕЗУЛЬТАТОВ СОВМЕСТНЫХ ИЗМЕРЕНИЙ .....	41
6. ПРАКТИЧЕСКИЕ РАБОТЫ .....	46
<b>Практическая работа № 1</b> Изучение основных терминов и определений метрологии.....	46
<b>Практическая работа № 2</b> Метрологические характеристики средств измерений.....	51
<b>Практическая работа № 3</b> Эталоны единиц физических величин .....	54
<b>Практическая работа № 4</b> Обеспечение единства измерений в Российской Федерации .....	56
<b>Практическая работа № 5</b> Поверка средств измерений на территории Российской Федерации .....	58
<b>Практическая работа № 6</b> Основные положения по стандартизации в Российской Федерации .....	60
<b>Практическая работа № 7</b> Подтверждение соответствия на территории Российской Федерации .....	62
<b>Практическая работа № 8</b> Сертификация продукции и услуг .....	64
<b>Практическая работа № 9</b> Штриховое кодирование информации о товаре.....	75
Список рекомендованной литературы .....	79
ПРИЛОЖЕНИЕ 1	
Таблица П 1 Таблица значений функции $\Phi(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_0^x e^{-z^2/2} dz$ .....	81
Таблица П 2 Значения $t_p$ распределения Стьюдента с $r$ степенями свободы.....	83

Таблица П 3 Квантили распределения $\chi^2$ Пирсона, удовлетворяющие условию $P(\chi^2 \leq \chi_{P,k}^2)$ .....	84
Таблица П 4 Значения $F_{k_1 k_2}$ ( $F$ - распределения Фишера) для различных доверительных вероятностей $P$ .....	85
Таблица П 5 Квантили распределения проверочного критерия нормальности $W$ для $n = 3...50$ .....	86
Таблица П 6 Значения функции $Z = \frac{1}{2} \ln \frac{1 + \tilde{r}_{xy}}{1 - \tilde{r}_{xy}}$ по критерию Фишера для интервальной оценки коэффициента корреляции .....	87
ПРИЛОЖЕНИЕ 2 Форма сертификата соответствия по ГОСТ Р при обязательной сертификации продукции.....	88
ПРИЛОЖЕНИЕ 3 Знаки соответствия в Российской Федерации.....	90
ПРИЛОЖЕНИЕ 4 Знаки соответствия стандартам некоторых стран мира ....	91
ПРИЛОЖЕНИЕ 5 Логотипы (знаки обращения и знаки соответствия на рынке) некоторых систем сертификации в Российской Федерации .....	93
ПРИЛОЖЕНИЕ 6 Форма свидетельства о поверке средства измерений .....	95

## **Предисловие**

Методические указания к практическим занятиям по учебной дисциплине «Метрология, стандартизация и сертификация» предназначены в помощь обучающимся по направлению подготовки 27.03.05 Инноватика при изучении методов обработки результатов измерений и для выполнения самостоятельных домашних заданий.

Практикум состоит из шести разделов, освоение которых позволит приобрести умения определять погрешности однократных, многократных и косвенных измерений, а также ознакомиться с национальной системой стандартизации и оценки соответствия.

В первом разделе рассмотрены правила определения пределов допускаемых погрешностей средств измерений, которые нормированы классами точности. Во втором разделе представлен порядок обработки результатов однократных измерений при различной исходной информации. Третий раздел посвящен способам обработки результатов косвенных измерений. После изучения содержания этих разделов можно выполнять задание 1.

В разделе 4 рассмотрены критерии определения грубых погрешностей, идентификации закона распределения погрешностей измерений и алгоритм обработки результатов многократных равноточных и неравноточных измерений. Задание 2 следует выполнять после изучения пунктов 4.1–4.3, а задание 3 – после изучения пунктов 4.4 и 4.5.

Раздел 5 посвящен обработке результатов совместных измерений. После его изучения можно выполнять задание 4.

В разделе 6 приводятся основные понятия, термины и определения метрологии, стандартизации и сертификации, усвоение которых позволяет закрепить пройденный материал по всему курсу.

В приложениях приведены справочные таблицы, необходимые для выполнения самостоятельных заданий, а также иллюстрационный материал по идентификации знаков соответствия и обращения на рынке некоторых стран мира и отечественных систем сертификации.

Для облегчения усвоения материала в каждом разделе приведены примеры выполнения поставленных задач.

## **Введение**

Изучение технических наук в последние десятилетия предполагает применение точных и сложных измерений для исследований различных процессов, происходящих при использовании машин и приборов с целью оптимизации параметров их эксплуатации. Необходимость знания методик измерений и умения пользоваться измерительным инструментарием привела к введению в нетехнических вузах такой дисциплины как

«Метрология, стандартизация и сертификация», которая подразумевает изучение студентами основ измерения и расчётов погрешностей. В результате освоения курса будущие бакалавры становятся более близки к миру измерений, легче справляются с различными измерительными устройствами не только в профессиональной деятельности (оборудование, приборы, инструменты), но и в окружающей повседневной жизни.

Вышеперечисленные умения и навыки будут востребованы не только при изучении дисциплины и сдаче экзаменов, но и в научно-исследовательской работе студентов, написании курсовых и выпускных квалификационных работ.

Метрология – это наука об измерениях, методах и средствах обеспечения их единства и способах достижения требуемой точности.

Одним из разделов метрологии является законодательная метрология, которая включает комплексы взаимосвязанных и взаимообусловленных общих правил, а также другие вопросы, нуждающиеся в регламентации и контроле со стороны государства, направленные на обеспечение единства измерений и единообразия средств измерений.

Законодательная метрология является средством государственного регулирования метрологической деятельности посредством законов и законодательных положений, которые вводятся в практику через Государственную метрологическую службу и метрологические службы государственных органов управления и юридических лиц.

К области законодательной метрологии относятся испытания и утверждение типа средств измерений, их поверка и калибровка, сертификация средств измерений, государственный метрологический контроль и надзор за средствами измерений.

Метрологические правила и нормы законодательной метрологии гармонизованы с рекомендациями и документами соответствующих международных организаций. Таким образом, законодательная метрология способствует развитию международных экономических и торговых связей и содействует взаимопониманию в международном сотрудничестве.

Важнейшим источником информации во всех сферах деятельности являются измерения, выполняемые с целью определения значений величин. Из-за несовершенства методов и средств измерений истинные значения величин практически получить нельзя. Их можно только представить теоретически. А значения величины, полученные измерением, лишь в большей или меньшей степени приближаются к истинным значениям. Отклонение результата измерения от истинного значения измеряемой величины называется погрешностью измерения. Поскольку истинное значение величины мы установить не можем, то нужно определить хотя бы границы, в пределах которых оно может находиться, т.е. знать погрешность измерения.

Решение заданий, представленных в данных методических указаниях, позволит приобрести навыки определения доверительных или предельных границ истинного значения измеряемых величин - погрешностей измерений. Алгоритмы определения погрешностей для различных видов измерений будут разными. Кроме того, погрешности средств измерений в эксплуатационных документах могут быть представлены разными способами - метрологическими характеристиками или классом точности. Специалист в любой сфере деятельности должен уметь грамотно определять возможные погрешности результатов различных видов измерений независимо от того, каким способом представлены пределы допускаемых погрешностей средств измерений и какой метод используется при измерении.

Обработка результатов измерений во всех странах проводится с использованием теории вероятностей и математической статистики. Однако модели погрешностей и формирование доверительных интервалов в разных странах различаются, что приводит к определенным трудностям при сличении результатов измерений, получаемых в лабораториях разных стран. Для устранения этих сложностей в 1992 году с участием МОЗМ, МКМВ, МБМВ, ИСО и МЭК был разработан документ «Руководство для выражения неопределенности в измерении», содержащий новую концепцию описания результатов измерений. В данном практикуме показан алгоритм получения неопределенности результатов измерений.

### **Рекомендуемые правила по округлению результатов измерений**

Поскольку истинное значение измеряемых величин никогда не узнать, то зону неопределенности характеризуют погрешностью измерения, которую не обязательно знать очень точно. В окончательной записи погрешность измерения принято выражать числом с одной или двумя значащими цифрами.

Эмпирически были установлены следующие правила округления рассчитанного значения погрешности и полученного результата измерения.

Погрешность результата измерений представляется одной или двумя значащими цифрами (две цифры приводятся при точных измерениях)»

Числовое значение результата измерений представляется так, чтобы оно оканчивалось десятичным знаком того же разряда, какой имеет погрешность этого результата.

Если цифра старшего из отбрасываемых разрядов меньше 5, то остающиеся цифры в числе не изменяют, если же эта цифра  $>5$ , то последнюю оставляемую цифру увеличивают на 1. Например, числовое значение результата измерения 25,458 при погрешности  $\Delta = \pm 0,02$

округляют до 25,46. Если предельная погрешность будет  $\Delta = \pm 0,002$ , то числовое значение результата сохраняется.

Если отбрасываемая цифра 5, а следующие за ней неизвестны или нули, то последнюю сохраняемую цифру не изменяют, если она четная, и увеличивают на 1, если она нечетная. Например, число 105,5 при сохранении трех цифр будет 106.

Эти правила применяются только при округлении окончательных результатов.

## 1. КЛАССЫ ТОЧНОСТИ СРЕДСТВ ИЗМЕРЕНИЙ

**Классом точности** называется обобщенная характеристика всех средств измерений (СИ) данного типа, определяемая пределами допускаемой основной и дополнительной погрешностей. Классы точности условными обозначениями наносятся на циферблаты, щитки и корпуса средств измерений, а также указываются в документации. Обозначение классов точности в зависимости от формы выражения погрешностей приведено в ГОСТ 8.401-80. Пределы допускаемых погрешностей средств измерений могут быть выражены в форме абсолютных, приведенных или относительных погрешностей.

Для СИ, пределы допускаемой основной погрешности которых принято выражать в форме абсолютной или относительной (когда погрешности установлены в виде графика или таблицы), классы точности обозначают прописными буквами латинского алфавита или римскими цифрами. Классам точности с меньшими пределами допускаемых погрешностей соответствуют буквы, находящиеся ближе к началу алфавита, или меньшие цифры.

В абсолютной форме устанавливают пределы допускаемой погрешности измерения в том случае, если погрешность результатов измерений в данной области принято выражать в единицах измеряемой величины или в делениях шкалы (например, погрешности мер массы или длины). Предел допускаемой основной *абсолютной* погрешности устанавливается границами в виде

$$\Delta = \pm a \text{ или } \Delta = \pm(a \pm bx), \quad (1)$$

где  $x$ : - значение измеряемой величины,  $a$  и  $b$  - положительные числа, не зависящие от  $x$ .

Для сравнения по точности СИ конкретного типа с различными диапазонами измерений при неизменных границах абсолютных погрешностей пределы допускаемых основных погрешностей выражают в процентах в *форме приведенных*:

$$\gamma = \pm \frac{\Delta}{X_N} 100\% = \pm p\% \quad (2)$$

где  $X_N$  - нормирующее значение, выраженное в тех же единицах, что и  $\Delta$ ;  $p$  - отвлеченное положительное число, выбираемое из ряда [1,0; 1,5; 2,0; 2,5; 4,0; 5,0; 6,0]  $10^n$ , где  $n = +1, 0, -1, -2$  и т.д.

В этом случае класс точности указывается арабскими цифрами в процентах. Если нулевое значение входного (выходного) сигнала находится на краю или внутри диапазона измерений СИ, то нормирующее значение следует устанавливать равным большему (по модулю) пределу измерений.

**Пример 1.** Указатель амперметра с пределами измерений от -5 до +20 А класса точности 1,5 показывает +8 А. В каких пределах будет находиться истинное значение силы тока?

*Решение.* Предельная погрешность измерения амперметра из выражения (2) будет равна  $\Delta = \pm p X_N / 100 = \pm 1,5 \cdot 20 / 100 = \pm 0,3 \text{ А}$ . При симметричном распределении погрешности измерения результат измерения силы тока можно записать так:  $I = 8,0 \pm 0,3 \text{ А}$ . Более корректная запись результата измерения может быть представлена в виде неравенства  $7,7 \text{ А} < I < 8,3 \text{ А}$ .

Для СИ, имеющих шкалу с условным нулем (вне пределов измерений),  $X_N$  устанавливают равным модулю разности пределов измерений.

(0,5)

**Пример 2.** Милливольтметр термоэлектрического термометра класса точности [1,0] с пределами измерений 400... 1000 °С показывает 560 °С. Определить погрешность измерения температуры.

*Решение.* Нормирующее значение  $X_N = 1000 - 400 = 600 \text{ °С}$ . Погрешность измерения  $\Delta = \pm 1,0 \cdot 600 / 100 = \pm 6 \text{ °С}$ . Результат измерения при симметричном распределении погрешности измерения  $t \text{ °С} = 560 \pm 6 \text{ °С}$ .

Если СИ имеет установленное номинальное значение, то  $X_N$  принимают равным этому номинальному значению. Например, у цифрового частотомера с номинальной частотой 50 Гц нормирующее значение равно этой частоте.

В некоторых случаях цифры класса точности заключаются в окружность: и т.д. Тогда нормирующее значение принимается равным показанию.

**Пример 3.** Указатель мегаомметра класса точности (2,5) с неравномерной шкалой  $0 \dots \infty$  показывает 20 МОм. Определить границы для истинного значения сопротивления.

*Решение.*  $X_N = 20 \text{ МОм}$ . Измеряемая величина может отличаться от показываемого прибором значения не более чем на 2,5 %, поэтому  $\Delta = \pm 2,5 \cdot 20 / 100 = \pm 0,5 \text{ МОм}$ . Следовательно, результат измерения

$$19,5 \text{ МОм} \leq R \leq 20,5 \text{ МОм}.$$

Если границы абсолютных погрешностей СИ непостоянны, то пределы допускаемых погрешностей выражают в *относительной* форме:

$$\delta = \pm \frac{\Delta}{x} 100\% = \pm \left[ c + d \left( \left| \frac{X_k}{x} \right| \right) - 1 \right] \%, \quad (3)$$

где  $\delta$  - пределы допускаемой относительной погрешности СИ, %;  $X_k$  - больший по модулю предел измерений;  $c$  и  $d$  - положительные числа, выбираемые из ряда для  $p$ .

Классы точности в этом случае обозначают дробью  $c/d$ .

**Пример 4.** Указатель ампервольтметра класса точности 0,6/0,4 со шкалой от -50 А до +50 А показывает -25 А. Чему равна измеряемая сила тока?

*Решение.*  $X_k = 50$  А;  $x = -25$  А;  $c = 0,6$ ;  $d = 0,4$ . Истинное значение силы тока может отличаться от показываемого не более чем на величину

$$\delta = \pm \left[ 0,6 + 0,4 \left( \left| \frac{50}{-25} \right| \right) - 1 \right] \% = \pm 1\%$$

Предел допускаемой абсолютной погрешности  $\Delta = \pm 0,01 \cdot 25 = \pm 0,25$  А. Следовательно, результатом измерения будут предельные значения:

$$-25,25 \text{ А} \leq I \leq -24,75 \text{ А}.$$

## 2. ОБРАБОТКА РЕЗУЛЬТАТОВ ПРЯМЫХ ОДНОКРАТНЫХ ИЗМЕРЕНИЙ

При выполнении измерений рекомендуется следующий порядок действий.

1. Анализ априорной информации: уясняется физическая сущность изучаемого явления; уточняется модель измеряемой величины; устанавливаются влияющие факторы, значения поправок; выбирается средство измерения, изучаются его метрологические характеристики и опыт выполнения подобных измерений в прошлом. Итогом этой предварительной работы должна стать твердая уверенность в том, что точности однократного измерения достаточно для выполнения поставленной задачи.

2. Получение единственного значения отсчета  $x$ .

3. Перевод его в значение показания  $X = x[Q]$ .

4. Внесение в показание поправки  $q$ :  $X^* = X + q$ . Если значение поправки неизвестно, то для выбранной ситуационной модели она может иметь любое значение от  $q_{\min}$  до  $q_{\max}$ , т.е. её можно считать случайной величиной.

5. Определение максимально возможного отклонения результата измерения от истинного значения измеряемой величины. В зависимости от имеющейся априорной информации может быть несколько вариантов.

*Вариант 1.* Отсчет (следовательно, и показание) подчиняется нормальному закону распределения вероятностей со среднеквадратическим отклонением (СКО)  $\sigma_x$  и известным значением поправки  $q$ .

В этом случае результат измерения подчиняется тоже нормальному закону распределения вероятностей с СКО равным  $\sigma_x$ , но смещенному относительно центра группирования распределения вероятности показания на поправку  $q$ . Задавшись доверительной вероятностью  $P$ , по таблице функции Лапласа  $F(z)$  или нулевого интеграла  $F_0(z)$  можно определить значение  $t_p = z$ . Половина доверительного интервала случайной погрешности  $\varepsilon = \pm t_p \cdot \sigma_x$ . Тогда истинное значение измеряемой величины  $Q$  с вероятностью  $P$  (которую в большинстве случаев принимают равной 0,95) будет находиться в интервале  $X^* - \varepsilon \leq Q \leq X^* + \varepsilon$ .

*Вариант 2.* Отсчет подчиняется равномерному распределению вероятностей с размахом  $2\varepsilon = x_{max} - x_{min}$ , откуда  $\varepsilon = (x_{max} - x_{min})/2$ .

*Вариант 3.* Отсчет, соответственно, и показание подчиняются неизвестному закону распределения вероятностей с СКО  $\sigma_x$ .

Вероятность того, что результат однократного измерения при любом законе распределения не отличается от среднего значения больше чем на половину доверительного интервала, определяется следующим образом:

$$P\{\bar{x} - t_p \sigma_x \leq x_i \leq \bar{x} + t_p \sigma_x\} \geq 1 - 1/t^2. \quad (4)$$

Это выражение известно как неравенство П. Л. Чебышева. Принимая доверительную вероятность  $P$  из условия (4), можно определить значение  $t$ . Вычисленные значения  $t$  при заданных вероятностях  $P$  приведены в табл. 1.

Таблица 1  
Значения коэффициента  $t$  при распределении П. Л. Чебышева

P	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,85	0,89	0,90	0,92	0,95	0,96	0,98
$t_p$	1,2	1,3	1,42	1,6	1,84	2,21	2,6	3,0	3,16	3,52	4,47	5,0	7,07

*Вариант 4.* Известен класс точности СИ. Значение измеряемой величины не может отличаться от результата измерения больше чем на величину  $\varepsilon = \Delta_{СИ}$ .

*Вариант 5.* Показание подчиняется нормальному закону распределения вероятностей с СКО равным  $\sigma_x$ , значение поправки находится в пределах от  $q_{min}$  до  $q_{max}$ .

Закон распределения вероятностей результата измерения  $X$  представляет собой композицию законов распределения вероятностей показания и ситуационной модели. Композиция, в которую входит

ситуационная модель, не подчиняется вероятностно-статистическим закономерностям. Однако Международным комитетом мер и весов рекомендовано считать, что среднее значение композиции, равное значению измеряемой величины, с высокой вероятностью не отличается от результата однократного измерения более чем на  $\varepsilon = k \cdot \sigma_{\Sigma}$ . где

$$\sigma_{\Sigma} = \sqrt{\sigma_x^2 + \sigma_q^2}.$$

Коэффициент  $k$  аналогичен коэффициенту  $t_p$  и обычно принимается в пределах 2...3.

Во избежание принятия за результат грубой погрешности выполняют два-три измерения, и при их близости друг к другу за результат измерения принимают среднее арифметическое значение.

Погрешность результата однократного прямого измерения состоит из следующих погрешностей: несоответствия принятой модели измеряемой величине, средства измерения, метода измерения, субъективной и др. Эти составляющие погрешности могут быть случайными и неисключенными систематическими (после введения поправки). Обычно принимают распределение случайных погрешностей по нормальному закону, а неисключенных систематических, представленных в заданных границах  $\pm \Theta_i$ , - по закону равной вероятности.

Если неисключенные систематические погрешности есть только у одной из составляющих, то она и определяет границы этой погрешности  $\pm \Theta_i$ . При наличии нескольких неисключенных систематических погрешностей доверительную границу вычисляют по формуле

$$\Theta = k \sqrt{\sum_{i=1}^m \frac{\Theta_i^2(P)}{K_i}} \quad (5)$$

где  $\pm \Theta_i$ , - граница  $i$ -й неисключенной систематической погрешности;  $K_i$ , - коэффициент, аналогичный  $t_p$  и зависящий от доверительной вероятности  $P_i$ , с которой определены границы  $\Theta_i$ , (табл. П1);  $k$  - коэффициент, определяемый принятой доверительной вероятностью  $P$ , числом составляющих погрешностей  $m$  и их соотношением.

При  $P < 0,99$  коэффициент  $k$  мало зависит от числа слагаемых и может быть представлен усредненными значениями:  $k = 0,95$  при  $P = 0,90$ ;  $k = 1,1$  при  $P = 0,95$ ;  $k = 1,4$  при  $P = 0,99$ .

При  $P < 0,99$  коэффициент  $k$  существенно зависит от числа слагаемых и соотношения между ними. Если  $m > 4$ , то рекомендуется принимать среднее значение  $k = 1,4$ , а при  $m \leq 4$  значение  $k$  необходимо уточнить по графику ГОСТ 8.207 или табл. 2. Параметр  $l = \Theta_m / \Theta_{m-1}$ , принимается равным наименьшему значению этого отношения при условии, что  $\Theta_1 < \Theta_2 < \Theta_3 < \Theta_4$ .

Значения коэффициента  $k$  в зависимости от  $m$  и  $l$  при  $P = 0,99$

$l$		0	0,5	1	2	3	4	5	6	7
$m$	2	0,98	1,15	1,27	1,22	1,15	1,12	1,08	1,07	1,05
	3	1,27	1,32	1,37	1,32	1,24	1,18	1,15	1,12	1,08
	4	1,40	1,40	1,41	1,36	1,28	1,23	1,18	1,15	1,11

Случайные погрешности характеризуются СКО или доверительными границами:

$$\varepsilon(P) = z_{P/2} \sigma, \quad (6)$$

где  $\sigma = \sqrt{\sum_{i=1}^m \sigma_i^2}$  - СКО результата измерения;  $\sigma_i$  - СКО  $i$ -й

составляющей погрешности измерения (СИ, метода и др.);  $z_{P/2}$  (или  $t_p$ ) - процентная точка нормированной функции Лапласа, определяется по табл. П1 (если установлена экспериментально оценка СКО ( $S$ ), то при  $n < 30$  определяют  $t_p$  по таблице Стьюдента).

Если случайные погрешности представлены доверительными границами  $\varepsilon_i(P)$  для одной доверительной вероятности, то

$$\varepsilon(P) = \sqrt{\sum_{i=1}^m \varepsilon_i^2(P)}. \quad (7)$$

Если случайные погрешности представлены доверительными границами  $\varepsilon_i$ , с разными доверительными вероятностями  $P_i$ , то сначала определяют СКО результата измерения:

$$\sigma = \sqrt{\sum_{i=1}^m \frac{\varepsilon_i^2(P)}{z_{P_i/2}^2}}, \quad (8)$$

а затем доверительные границы  $\varepsilon = z_{P/2} \sigma$ .

При установлении границ погрешности результата измерения могут быть различные варианты соотношения её составных частей:

1. Если погрешности метода и оператора малы по сравнению с погрешностями используемых СИ (до 15 % погрешности СИ), то ими пренебрегают;

2. Если  $\Theta/\sigma < 0,8$ , то пренебрегают неисключенными систематическими погрешностями и граница результата измерения  $\Delta = \varepsilon$ ;

3. Если  $\Theta/\sigma > 8$ , то пренебрегают случайными погрешностями и за погрешность результата измерения принимают границы неисключенных систематических погрешностей  $\Delta = \Theta$ ;

4. Если  $0,8 \leq (\Theta/\sigma) \leq 8$ , то доверительные границы

$$\Delta = k(\Theta + \varepsilon), \quad (9)$$

где  $k$  - коэффициент, принимаемый по табл. 3 в зависимости от вероятности  $P$  и соотношения  $\Theta/\sigma$ .

Таблица 3

Значения коэффициента  $k$  в зависимости от соотношения  $\Theta/\sigma$

$\Theta/\sigma$	0,8	1	2	3	4	5	6	7	8
$P = 0,95$	0,76	0,74	0,71	0,73	0,76	0,78	0,79	0,80	0,81
$P = 0,99$	0,84	0,82	0,80	0,81	0,82	0,83	0,83	0,84	0,85

**Пример 5.** При измерении диаметра отверстия  $\varnothing 20$  производилась настройка индикаторного нутромера на нулевую отметку по концевой мере длины 20 мм. Действительный размер концевой меры по аттестату 19,999 мм. Погрешность настройки равна 1,2 мкм. Отсчет подчиняется равномерному закону распределения вероятностей с предельными отклонениями  $\Delta = \pm 2$  мкм. Показание индикатора равно +5 мкм. Определите доверительные границы для истинного значения размера.

*Решение.* Показание СИ  $x = +0,005$  мм. Систематическая погрешность (погрешность концевой меры) определяется разностью номинального размера и размера по аттестату  $\Delta_x = 20,000 - 19,999 = +0,001$  мм. Для всех измерений при этой настройке она будет постоянной, поэтому на ее величину с обратным знаком следует внести поправку. Другая систематическая погрешность (погрешность настройки) останется неисключенной. Она может быть в границах  $\Theta = \pm 0,0012$  мм.

Случайная составляющая погрешности измерения  $\varepsilon = \Delta = \pm 2$  мкм. Границы равномерно распределенных погрешностей принимают равными:  $\varepsilon = \pm \sqrt{3}\sigma$ .

$$\text{Отсюда } \sigma = 2/\sqrt{3} = 1,16 \text{ мкм.}$$

Соотношение  $\Theta/\sigma = 1,2/1,16 = 1,04 \approx 1$ . Для доверительной вероятности  $P = 0,95$  из табл. 3 определим  $k = 0,74$ . Тогда, в соответствии с уравнением (9), погрешность измерения

$$\Delta = 0,74(1,2 + 2) = 2,368 \approx 2 \text{ мкм.}$$

Исправленный результат измерения  $X^* = 20,000 + x + q = 20,004$  мм, где  $q = -\Delta_s = -0,001$  мм. Тогда доверительные границы истинного размера диаметра  $20,002 \text{ мм} \leq D \leq 20,006 \text{ мм}$ ,  $P = 0,95$ , а при симметричном распределении погрешностей измерения можно результат записать

$$D = (20,004 \pm 0,002) \text{ мм, } P = 0,95.$$

**Пример 6.** При измерении  $\gamma$ -излучения дозиметр показывает 50 мкР. Отклонение температуры, при которой выполнялись измерения, от нормальной вызывает погрешность  $\Delta_t = +2,5$  мкР. Отсчет результатов

распределяется по неизвестному закону с СКО  $\sigma = 2$  мкР. Установите доверительные границы для истинного значения  $\gamma$ -излучения при  $P = 0,92$ .

*Решение.* Значение поправки  $q = -\Delta_t = -2,5$  мкР. Исправленный результат  $X^* = 50 + (-2,5) = 47,5$  мкР. По таблице распределения П. Чебышева для доверительной вероятности  $P = 0,92$  определим коэффициент  $t_p = 3,52$ . Доверительный интервал  $\varepsilon = \pm 3,52 \cdot 2 = 7,04$  мкР. Результат измерения  $\gamma$ -излучения  $40,5 \text{ мкР} \leq Q \leq 54,5 \text{ мкР}$ ,  $P = 0,92$ , а при симметричном распределении погрешности измерений  $Q = (47,5 \pm 7,0)$  мкР,  $P = 0,92$ .

### **Оценивание стандартной неопределенности.**

Суммарную стандартную неопределенность по типу В, вычисляют по формуле

$$u_{c,B} = \sqrt{\sum_{i=1}^m \frac{\Theta_i^2}{3}},$$

При нескольких составляющих стандартную неопределенность по типу А вычисляют по формуле

$$u_A = \sqrt{\sum_{i=1}^m u_{i,A}^2},$$

где  $m$  - число составляющих погрешностей, обычно  $u_{i,A} = S_i$ .

Расширенную неопределенность для уровня доверия  $P$  вычисляют по формуле

$$u(P) = k_0 \sqrt{u_A^2 + u_B^2},$$

где  $k_0$  - коэффициент охвата (коэффициент, используемый как множитель суммарной неопределенности для получения расширенной неопределенности).

Для доверительной вероятности  $P = 0,95$  значение коэффициента охвата  $k_0$  считают равным 2, для доверительной вероятности  $P = 0,99$  принимают  $k_0 = 3$ .

### **3. ОБРАБОТКА РЕЗУЛЬТАТОВ КОСВЕННЫХ ИЗМЕРЕНИЙ**

Большинство измерений, выполняемых на производстве и при проведении научных исследований, являются косвенными. В общем случае зависимость искомой величины  $y$  от измеренных величин  $x_1, x_2, \dots, x_k$  выражается формулой

$$y = F(x_1, x_2, \dots, x_k). \quad (10)$$

Результат прямого измерения каждого аргумента  $x_i$  будет иметь погрешность  $\Delta_i$ . Погрешность результата измерения искомой величины может быть представлена следующим образом:

$$\Delta_y = \sum_{i=1}^k \left| \frac{\partial F}{\partial x_i} \right| \Delta_i + \frac{1}{2} \sum_{i=j=1}^{k-1} \frac{\partial^2 F}{\partial x_i \partial x_j} \Delta_i \Delta_j, \quad (11)$$

где  $\partial F / \partial x_i$  - коэффициент влияния (частная производная) погрешности соответствующей  $i$ -й величины на погрешность искомой.

Произведение  $\Delta_i \cdot \Delta_j$  в большинстве случаев является величиной второго порядка малости, поэтому вторую сумму в уравнении (11) не учитывают. Её не учитывают также при некоррелированных аргументах. Формула (11) является приближенной, так как учитывает только линейную часть приращения функции, однако в большинстве случаев она обеспечивает удовлетворительную точность оценки погрешностей результатов косвенных измерений.

Когда систематические и случайные составляющие погрешности отделены, то границы систематической составляющей  $\Delta_{ys} = \sum \left| \frac{\partial F}{\partial x_i} \right| \Delta_{is}$ .

Для случайной составляющей при известных значениях СКО погрешностей прямых измерений  $\sigma_i$  дисперсия искомой величины

$$\sigma_y^2 = \sum_{i=1}^k (\partial F / \partial x_i)^2 \sigma_i^2 + \sum_{i=1}^{k-1} (\partial F / \partial x_i) (\partial F / \partial x_j) \sigma_i \sigma_j. \quad (12)$$

При отсутствии корреляции между  $x_i$  и  $x_j$  дисперсия искомой величины

$$\sigma_y^2 = \sum (\partial F / \partial x_i)^2 \sigma_i^2 \quad (13)$$

и границы случайной составляющей погрешности измерения

$$\varepsilon = \pm t_p \cdot \sigma_y.$$

Границы неисключенной систематической составляющей погрешности определяются по формуле

$$\Theta_y = k \sqrt{\sum (\partial F / \partial x_i)^2 \Theta_i^2}. \quad (14)$$

При обработке результата многократных измерений получают оценки аргументов в виде средних арифметических значений  $\bar{x}_1, \bar{x}_2, \dots, \bar{x}_k$  и выборочных среднеквадратических отклонений  $S_1, S_2, \dots, S_k$ .

Результат косвенных измерений для выборочных значений

$$\bar{y} = F(\bar{x}_1, \bar{x}_2, \dots, \bar{x}_k). \quad (15)$$

Оценка дисперсии искомой величины

$$S_y^2 = \sum_{i=1}^k \left( \frac{\partial F}{\partial x_i} \right)_{\bar{x}}^2 \cdot S_i^2 + \sum_{i=1}^{k-1} 2 \left( \frac{\partial F}{\partial x_i} \frac{\partial F}{\partial x_j} \right)_{\bar{x}} \cdot cov(x_i, x_j), \quad (16)$$

где  $(\partial F / \partial x_i)_{\bar{x}}$  - значение частной производной в точке  $\bar{x}$ ;  $S_i$ , - выборочные средние квадратические отклонения  $X_i$ ;  $m$  - число пар  $x_i$  и

$x_j$ ;  $cov(x_i, x_j) = m^{-1} \sum (x_{ij} - \bar{x}_i)(x_{ij} - \bar{x}_j)$  - ковариация или момент связи погрешностей  $x_i$ , и  $x_j$ .

Для определения тесноты линейной связи между измеряемыми величинами используют коэффициент корреляции  $\rho = \frac{cov(x_i, x_j)}{S_i S_j}$ .

Для несвязанных величин  $\rho = 0$ . При подсчете  $\rho$  по малой выборке возникает подозрение, что отличие от нуля определяется малостью выборки. Гипотеза  $\rho = 0$  не верна, если  $\frac{|\rho| \sqrt{n}}{1 - \rho^2} > t_p$ , где  $t_p = z$  - аргумент нормированной функции Лапласа.

Доверительный интервал случайной погрешности многократных измерений

$$\varepsilon = \pm t_p S_{\bar{y}} = \pm t_p S_y / \sqrt{n}. \quad (17)$$

Методики определения результатов косвенных измерений разработаны:

1) для линейной и нелинейной зависимостей и отсутствии корреляции между погрешностями измерений аргументов;

2) для коррелированных погрешностей измерений аргументов при наличии рядов отдельных значений измеряемых аргументов.

Линейную функциональную зависимость можно представить в виде  $Y = \sum b_i X_i$ , где  $b_i$  - известные постоянные коэффициенты.

Тогда коэффициенты влияния  $\partial Y / \partial x_i = b_i$  и оценки погрешности косвенно измеряемой величины, согласно уравнению (11), будут

$$\Delta_y = \sum_{i=1}^k |b_i| \Delta_i, \text{ а выборочная оценка СКО } S_Y^2 = \sum_{i=1}^k b_i^2 S_{x_i}^2.$$

Доверительный интервал определяемой величины

$$\varepsilon = t_q S_{\bar{Y}},$$

где  $t_q$  - коэффициент Стьюдента для  $q = 1 - P$  и числа степеней свободы

$$f_{\text{эф}} = \frac{(\sum b_i^2 S_i^2)^2 - 2 \sum b_i^4 S_{x_i}^4 / (n_i + 1)}{\sum b_i^4 S_{x_i}^4 / (n_i + 1)},$$

где  $n_i$  - число измерений  $X_i$ -го аргумента.

Границы неисключенной систематической погрешности косвенного результата измерений, когда неисключённые систематические погрешности результатов измерений аргументов заданы границами,

$$\Theta(P) = k \sqrt{\sum b_i^2 \Theta_i^2}$$

где  $k$  - коэффициент, определяемый так же, как и при обработке результатов прямых многократных измерений.

Если функция  $y = F(x_1, x_2, \dots, x_k)$  логарифмируема, например,  $y = x_1^{a_1} \cdot x_2^{a_2} \cdot \dots \cdot x_k^{a_k}$ , то  $\ln y = a_1 \ln x_1 + a_2 \ln x_2 + \dots + a_k \ln x_k$ . После дифференцирования получим

$$\frac{dy}{y} = a_1 \frac{dx_1}{x_1} + a_2 \frac{dx_2}{x_2} + \dots + a_k \frac{dx_k}{x_k} = \sum_{i=1}^k a_i \frac{dx_i}{x_i}.$$

Заменяв дифференциалы соответствующими приращениями и обозначив относительные погрешности  $\delta_y = \Delta_y / y$ ,  $\delta_i = \Delta_i / x_i$  получим значение относительной погрешности

$$\delta_y = \sum |a_i| \delta_i \quad (18)$$

или величину дисперсии случайной относительной погрешности

$$\sigma_{\delta_y}^2 = \sum a_i^2 \sigma_{\delta_i}^2.$$

Доверительные границы относительной погрешности

$$\varepsilon_{\delta_y} = \pm t_p \sigma_{\delta_y}. \quad (19)$$

**Пример 8.** При косвенном измерении электрической мощности по зависимости  $P = U^2 / R$ , получены значения сопротивления  $R = 100$  Ом и падения напряжения  $U = 10$  В. СКО относительной погрешности средств измерений следующие:  $\sigma_{\delta R} = 1,2\%$ ,  $\sigma_{\delta U} = 0,8\%$ . Определить доверительные границы измеряемой мощности с вероятностью  $P = 0,95$ .

*Решение.*  $P = U^2 \cdot R^{-1} = 100/100 = 1$ Вт. Это будет логарифмируемая функция.

Дисперсия случайной относительной погрешности

$$\sigma_{\delta P}^2 = 4\sigma_{\delta U}^2 + (-1)^2 \sigma_{\delta R}^2 = 4 \cdot 0,64 + 1 \cdot 1,44 = 4. \quad \sigma_{\delta P} = 2\%$$

При доверительной вероятности  $P = 0,95$  по таблице Лапласа  $t_p = 1,96$ .

Доверительные границы относительной погрешности  $\varepsilon_{\delta P} = 1,96 \cdot 2 = 3,92\%$ .

Тогда абсолютная погрешность  $\varepsilon_p = \varepsilon_{\delta} \cdot P / 100 = 0,0392 \approx 0,04$ Вт и доверительные границы результата измерения  $0,96 \text{Вт} \leq P \leq 1,04 \text{Вт}$ ,  $P = 0,95$ .

**Пример 9.** Сопротивление резистора определяется по закону Ома  $R = U / I$ . Укажите доверительные границы для истинного значения  $R$  с вероятностью  $P = 0,95$ , если получены результаты измерения  $U = 240$ В,  $I = 3$ А, СКО погрешностей измерений  $\sigma_U = 3$ В,  $\sigma_I = 0,06$ А.

*Решение.*  $R = U \cdot I^{-1} = 240/3 = 80$ Ом. Это будет логарифмируемая функция.

Заменяя дифференциалы соответствующими приращениями и обозначив относительные погрешности  $\delta_y = \Delta_y/y$ ,  $\delta_i = \Delta_i/x_i$  получим значение относительных погрешностей

$$\delta_U = \frac{\Delta_U}{U} = \frac{3}{240} = 0,0125 = 1,25\%; \quad \delta_I = \frac{\Delta_I}{I} = \frac{0,06}{3} = 0,02 = 2\%$$

Дисперсия случайной относительной погрешности

$$\sigma_{\delta R}^2 = 1\sigma_{\delta U}^2 + (-1)^2\sigma_{\delta I}^2 = 1 \cdot 1,5625 + 1 \cdot 4 = 5,5625. \quad \sigma_{\delta R} = 2,3584\% \approx 2,36\%$$

При доверительной вероятности  $P = 0,95$  по таблице Лапласа  $t_p = 1,96$ .

Доверительные границы относительной погрешности  $\varepsilon_{\delta R} = 1,96 \cdot 2,36 = 4,6256\%$ . Тогда абсолютная погрешность  $\varepsilon_R = \varepsilon_{\delta} \cdot R/100 = 4,6256 \cdot 80/100 = 3,70\text{ Ом}$  и доверительные границы результата измерения  $76,30\text{ Ом} \leq R \leq 83,70\text{ Ом}; P = 0,95$ .

### Задание 1

**Вариант 1.** Мощность, потребляемая резистором, определяется по выражению  $P = U^2/R$ . При измерении получены значения  $U = 220\text{ В}$ ,  $R = 1000\text{ Ом}$ . Пределы допускаемых погрешностей вольтметра  $\Delta_U = 1\text{ В}$ , омметра  $\Delta_R = 50\text{ Ом}$ . Определите границы для истинного значения мощности.

**Вариант 2.** При испытании материала на растяжение измерением получены значения силы  $F = 1000\text{ Н}$  и диаметра стержня  $d = 8\text{ мм}$ . Погрешность измерения усилия  $\Delta_F = 8\text{ Н}$ , диаметра стержня  $\Delta_d = 0,1\text{ мм}$ . Установите границы истинного значения напряжения  $\sigma_1$  в данном образце, если  $\sigma_1 = 4F/\pi d^2$ .

**Вариант 3.** Перед использованием динамометра проводилась его тарировка. Погрешность тарировки  $\Delta_s = -10\text{ Н}$ . Неисключенная систематическая погрешность динамометра  $\Theta = \pm 3\text{ Н}$ , СКО погрешности отсчета  $\sigma_F = 5\text{ Н}$ , измеряемое усилие  $F = 1200\text{ Н}$ . Укажите доверительные границы истинного значения усилия при  $P = 0,997$ .

**Вариант 4.** Установите границы доверительного интервала плотности древесины  $\rho = m/(a \cdot b \cdot h)$ , при  $P = 0,95$ , если измерением определены значения  $m = 1,85\text{ кг}$ ,  $a = 5\text{ см}$ ,  $b = 4\text{ см}$ ,  $h = 10\text{ см}$ , а СКО погрешностей измерений  $\sigma_a = \sigma_b = \sigma_h = 3 \cdot 10^{-5}\text{ м}$ ,  $\sigma_m = 2 \cdot 10^{-3}\text{ кг}$ .

**Вариант 5.** Сопротивление резистора определяется по закону Ома  $R = U/I$ . Укажите границы истинного значения сопротивления, если получены значения  $U = 120\text{ В}$  и  $I = 2\text{ А}$ . Пределы допускаемых

погрешностей измерений вольтметра  $\Delta_U = 0,6\text{В}$  и амперметра  $\Delta_I = 0,2\text{А}$ . Погрешность измерения от подключения амперметра в цепь  $\Delta_{I_s} = -0,1\text{А}$ .

**Вариант 6.** Укажите доверительные границы истинного значения электрической мощности  $P = U \cdot I$  с доверительной вероятностью 0,99, если при измерении получены значения  $U = 36\text{В}$ ,  $I = 5\text{А}$ , СКО погрешности измерений  $\sigma_U = 0,4\text{В}$ ,  $\sigma_I = 0,1\text{А}$ .

**Вариант 7.** Определите доверительные границы мощности, потребляемой резистором ( $P = U^2/R$ ), с вероятностью  $P = 0,93$ , если измерением установлены значения  $R = 100\text{Ом}$ ,  $U = 20\text{В}$ ,  $\sigma_R = 1\text{Ом}$ ,  $\sigma_U = 0,1\text{В}$ .

**Вариант 8.** При определении плотности древесины измеряют ее размеры и массу:  $\rho = m_w/V_w$ , где  $V_w = a \cdot b \cdot h$ . Установите пределы допускаемой погрешности измерения плотности  $\rho$ , если  $a = 24\text{мм}$ ,  $b = 40\text{мм}$ ,  $h = 100\text{мм}$ ,  $m_w = 0,95\text{кг}$ , а погрешности измерений линейных размеров  $\sigma_a = \sigma_b = \sigma_h = 0,1\text{мм} = 1 \cdot 10^{-4}\text{м}$ , погрешность взвешивания  $\Delta_m = 10^{-3}\text{кг}$ .

**Вариант 9.** Сопротивление резистора определяется по закону Ома  $R = U/I$ . Укажите доверительные границы для истинного значения  $R$  с доверительной вероятностью  $P = 0,97$ , если измеренные значения напряжения  $U = 240\text{В}$ , силы тока  $I = 3\text{А}$ . СКО погрешностей измерений  $\sigma_U = 3\text{В}$ .  $\sigma_I = 0,06\text{А}$ . Погрешность от подключения вольтметра в цепь  $\Delta_U = -2\text{В}$ .

**Вариант 10.** Вольтметр с пределами измерений 0...200 В показывает 40 В. Укажите границы истинного значения измеряемого напряжения при доверительной вероятности  $P = 0,91$ , если СКО погрешности отсчета  $\sigma_U = 0,5\text{В}$ . Неисключенная систематическая погрешность вольтметра  $\Theta = \pm 0,8\text{В}$ .

**Вариант 11.** При испытании на изгиб материала усилие составило  $F = 800\text{Н}$ , расстояние от заземления до точки приложения силы  $l = 40\text{мм}$ . Размеры балки: ширина  $b = 16\text{мм}$ , и высота  $h = 10\text{мм}$ . Напряжение материала  $\sigma = \frac{6F \cdot l}{b \cdot h^2}$ . Пределы допускаемых погрешностей измерений-

$\Delta_F = 10\text{Н}$ ,  $\Delta_l = 0,3\text{мм}$ ,  $\Delta_b = \Delta_h = 0,1\text{мм}$ .

Укажите предельные границы для напряжения в материале  $\sigma$ .

**Вариант 12.** При испытании бруса на прочность усилие составило  $F = 1500\text{Н}$ , и размеры бруса: ширина  $b = 30\text{мм}$ , и толщина  $h = 20\text{мм}$ .

Прочность характеризуется напряжением  $\sigma = \frac{F}{b \cdot h}$ . Средние квадратические отклонения погрешности измерений:  $\sigma_F = 4\text{Н}$ ,  $\Delta_h = \Delta_b = 0,05\text{мм}$ . Укажите границы истинного значения  $\sigma$  с доверительной вероятностью  $P = 0,97$ .

**Вариант 13.** Установите границы доверительного интервала результата измерения кинематической вязкости жидкости  $\gamma = \mu/\rho$  с вероятностью  $P = 0,97$ , если динамическая вязкость  $\mu = 3,43 \pm 0,25\text{Па} \cdot \text{с}$  определена с доверительной вероятностью  $P = 0,9$  и плотность жидкости  $\rho = 991 \pm 0,6\text{кг/м}^3$  - с доверительной вероятностью  $P = 0,95$ .

**Вариант 14.** Установите границы доверительного интервала результата измерения удельного электрического сопротивления проводника  $\rho = \frac{R \cdot S}{l}$  с доверительной вероятностью  $P = 0,99$ , если сопротивление  $R = 8 \pm 0,15\text{Ом}$  определено с доверительной вероятностью  $P_R = 0,8$ ; площадь проводника  $S = (2,38 \pm 0,06) \cdot 10^{-6}\text{м}^2$  - с доверительной вероятностью  $P_S = 0,9$ ; длина проводника  $l = 50 \pm 0,03\text{м}$  - с доверительной вероятностью  $P_l = 0,95$ .

**Вариант 15.** Установите границы доверительного интервала измерения электрической мощности  $P = U^2/R$  с вероятностью  $P = 0,86$ , если напряжение  $U = 232 \pm 2\text{В}$  определено с вероятностью  $P_U = 0,95$ , а сопротивление  $R = 18,6 \pm 0,4\text{Ом}$  - с доверительной вероятностью  $P_R = 0,98$ .

**Вариант 16.** Установите границы истинного значения электрической мощности  $P = U \cdot I$ , если при измерении напряжения использованы вольтметр класса точности **0,6** с пределом измерений 300 В и амперметр класса точности **1,5** с пределом измерений 1000 А. Результаты измерений: напряжение  $U = 230\text{В}$ , сила тока  $I = 630\text{А}$ .

**Вариант 17.** Установите доверительные границы результата измерения коэффициента трения  $k = F_{\text{тр}}/F_N$  с доверительной вероятностью  $P = 0,99$ , если получены значения силы трения  $F_{\text{тр}} = 50 \pm 0,4\text{Н}$  с доверительной вероятностью 0,8 и нормальная сила давления  $F_N = 1024 \pm 16\text{Н}$  с доверительной вероятностью  $P = 0,99$ .

**Вариант 18.** Амперметр с пределами измерений от -20 до +40 А показывает 10 А. Среднее квадратическое отклонение погрешности измерений  $\sigma_I = 0,5\text{А}$ , систематическая погрешность от подключения амперметра  $\Delta_s = -0,8\text{А}$ . Укажите границы, в которых будет находиться истинное значение силы тока при доверительной вероятности  $P = 0,93$ .

**Вариант 19.** Амперметр класса точности 0,6/0,4 со шкалой от -20 до +50 А показывает -10 А. Определите предельные границы истинного значения силы тока, если погрешность от подключения прибора в электрическую цепь составляет -0,2 А.

**Вариант 20.** Для определения активного сопротивления по закону Ома измерением определены: напряжение - вольтметром класса точности **1,5** с диапазоном измерений 0...300 В, сила тока - амперметром класса точности **1,0** с диапазоном измерений 0...10 А. Результаты измерений:  $U = 218\text{В}$ ,  $I = 6,8\text{А}$ . В каких пределах находится истинное значение величины сопротивления?

**Вариант 21.** Мощность, потребляемая резистором, определяется по выражению  $P = U^2/R$ . При измерении получены значения  $U = 220 \pm 1\text{В}$ ,  $R = 1000 \pm 5\text{Ом}$ . Определите границы для истинного значения мощности, если погрешность от подключения омметра  $\Delta_R = -4\text{Ом}$ .

## 4. ОБРАБОТКА РЕЗУЛЬТАТОВ МНОГОКРАТНЫХ ИЗМЕРЕНИЙ

### 4.1. Точечные и интервальные оценки истинного значения измеряемой величины

Оценка истинного значения производится по данным выборки - ряда значений, принимаемых величиной в процессе  $n$  независимых измерений. Основными параметрами функции распределения случайной величины  $X$  являются математическое ожидание  $M[X] = m_x$  и дисперсия  $D[X] = D_x$ . Оценку параметра называют точечной, если она выражается одним числом. Любая точечная оценка, определенная на основании опытных данных, является их функцией, и, следовательно, сама является случайной величиной с распределением, зависящим от распределения исходной случайной величины параметра и числа измерений. Различные аспекты качества точечных оценок характеризуются следующими понятиями: несмещённость, состоятельность и эффективность.

Оценка называется *несмещенной*, если ее математическое ожидание совпадает с истинным значением оцениваемого параметра.

Оценка называется *состоятельной*, если при увеличении количества наблюдений ее отличие от оцениваемого параметра может быть сколь угодно малым.

Точечная оценка является *эффективной*, если ее дисперсия меньше дисперсии любой другой оценки данного параметра.

Среднее арифметическое значение результатов наблюдений  $\bar{x}$  является несмещенной, состоятельной и эффективной оценкой

математического ожидания случайной величины. Но оно также является случайной величиной с дисперсией  $D_{\bar{x}} = D_x/n$ .

Для точечной оценки дисперсии можно выбрать среднее значение квадрата отклонения случайной величины от ее среднего значения

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

Эта оценка состоятельна, но немного смещена, так как ее математическое ожидание  $M[\sigma_x^2] = \frac{n-1}{n} \sigma_x^2$ , поэтому, заменяя  $\sigma_x^2$  ее

оценкой  $\tilde{\sigma}_x^2$ , допускаем систематическую погрешность. Для исключения этой погрешности введем поправочный коэффициент  $n/(n-1)$ .

Следовательно, несмещенной оценкой дисперсии  $\sigma_x^2$  является

$S_x^2 = \sum \frac{(x_i - \bar{x})^2}{n-1}$  и среднее квадратическое отклонение

$$S_x = \sqrt{\sum \frac{(x_i - \bar{x})^2}{n-1}}. \quad (20)$$

Среднее арифметическое  $\bar{x}$  имеет дисперсию в  $n$  раз меньшую, чем дисперсия случайной величины – погрешности измерения. Оценка СКО среднего арифметического  $S_x = S_{\bar{x}}/\sqrt{n}$ .

В тех задачах, где необходимо оценить достоверность результатов измерений, знание точечных оценок оказывается недостаточным. Для увеличения достоверности замены, например, истинного значения измеряемой величины средним арифметическим пользуются доверительными интервалами  $\pm \varepsilon$  и доверительными вероятностями  $P = 1 - q$ :

$$\frac{\varepsilon}{\sigma_{m_x}} = F^{-1}\left(\frac{1+P}{2}\right) = t_p \quad (21)$$

где  $F^{-1}$  – обратная функция Лапласа,  $q$  – уровень значимости.

Величина  $t_p$  для нормального закона распределения вероятностей означает, какое число средних квадратических отклонений следует отложить от центра рассеивания вправо и влево, чтобы вероятность попадания в данный участок была равной  $(1+P)/2$ . Иногда  $t_p$  называют квантилью закона распределения. Из уравнения (21)  $\varepsilon = t_p \sigma_{m_x} = t_p \sigma_x / \sqrt{n}$ .

Это в предположении того, что дисперсия нормального закона распределения известна. На практике мы можем воспользоваться лишь статистически найденными значениями оценки СКО, то есть,  $S_x$ , поэтому

$$\varepsilon = \pm t_p S_x / \sqrt{n}.$$

Таким образом, выражение оценки доверительного интервала для истинного значения измеряемой величины будет иметь вид

$$\bar{x} - t_p S_x / \sqrt{n} \leq x_{\text{ист}} \leq \bar{x} + t_p S_x / \sqrt{n}. \quad (22)$$

Полученный доверительный интервал является приближенной оценкой истинного значения измеряемой величины. Для точного построения доверительного интервала при оценке параметров случайной величины  $X$  распределенной по нормальному закону (при неизвестной  $D_x$ ), стремятся перейти к другой функции измеряемых значений  $x_1, x_2, \dots, x_n$ , закон которой зависит от числа измерений (а не от неизвестных параметров) и от вида распределения  $X$ . При нормальном распределении  $X$  некоторая случайная величина подчиняется распределению Стьюдента с  $(n - 1)$  степенями свободы и плотностью распределения

$$f_s(t) = \frac{\Gamma(n/2)}{\sqrt{\pi(n-1)} \left(1 + \frac{t^2}{n-1}\right)^{n/2}},$$

где  $P = 2 \int_0^{t_p} f_s(t) dt$ ,  $\Gamma(z) \sim$  гамма-функция.

Значения  $t_p$  определяются по таблицам распределения Стьюдента. Доверительные границы  $\varepsilon = \pm t_p S_x / \sqrt{n}$ . Уточнение границ происходит за счет увеличения  $t_p$ , соответственно, и увеличения доверительного интервала. Если случайная величина  $X$  распределяется по законам равной вероятности или Симпсона, то  $t_p$  определяется по табл. 4.

Таблица 4

**Таблица квантилей распределения ( $t_p$ )**

Закон распределения	Значения $t_p$			
	$P = 0,90$	$P = 0,95$	$P = 0,99$	$P = 0,999$
Равной вероятности	1,55	1,64	1,71	1,73
Треугольный (Симпсона)	1,67	1,90	2,20	2,37

Доверительный интервал для СКО результатов измерений

$$S_x \sqrt{\frac{n-1}{\chi_{q/2}^2}} < \sigma_x < S_x \sqrt{\frac{n-1}{\chi_{1-q/2}^2}}, \quad (23)$$

где  $\chi_{q/2}^2$  и  $\chi_{1-q/2}^2$  – значения хи-квадрат распределения для уровней значимости  $q/2$  и  $1 - q/2$  при числе степеней свободы  $r = n - 1$ . Интервал для дисперсий является точным, так как не содержит неизвестных параметров закона распределения измеряемой величины  $X$ .

## 4.2. Обнаружение грубых погрешностей

Отдельные результаты наблюдений могут показаться сомнительными. Необдуманное отбрасывание их может исказить оценку параметров действительного распределения. Если оператор заметил сомнительный результат и обнаружил причину его появления, то этот результат можно отбросить и провести дополнительные измерения. Если причина не выяснена, то дополнительные измерения нужно провести, но отбрасывать результат без проверки статистическими методами нельзя. В этом случае выдвигается гипотеза: результат наблюдения (обычно это наибольшее  $x_{max}$  или наименьшее  $x_{min}$  показание) не содержит грубой погрешности, т.е. является одним из значений случайной величины  $X$ , распределенной по закону  $F(x)$ , параметры которого предварительно определены. Распределение  $F(x)$  обычно принимают по нормальному закону.

Если число наблюдений  $n < 20$ , то применяется критерий Романовского. Вычисляется отношение

$$\beta = \frac{|x_i - \bar{x}|}{S_x}, \quad (24)$$

где  $\bar{x}$  и  $S_x$  – определяются по результатам измерений.

Полученное значение  $\beta$  сравнивается с критическим значением  $\beta_\tau$ , выбранным в зависимости от принятой доверительной вероятности по табл. 5.

Таблица 5

Значения  $\beta_\tau$  в зависимости от доверительной вероятности  $P$  и числа измерений  $n$

$n$		3	5	7	9	11	13	15	17	19	21	23
$P$	0,90	1,412	1,869	2,093	2,238	2,343	2,426	2,523	2,551	2,601	2,644	2,683
	0,95	1,414	1,917	2,182	2,349	2,470	2,563	2,670	2,701	2,754	2,801	2,843
$n$		25	27	29	31	33	35	37	39	41	43	45
$P$	0,90	2,718	2,749	2,778	2,805	2,830	2,853	2,874	2,894	2,913	2,931	2,948
	0,95	2,880	2,913	2,944	2,972	2,998	3,022	3,044	3,065	3,084	3,103	3,12

Если  $\beta < \beta_\tau$ , то вероятность того, что результат  $x_i$  принадлежит выборке возможных значений случайной величины, достаточно большая, т.е. «выброс» случаен и его следует сохранить. При  $\beta > \beta_\tau$  результат  $x_i$  считается грубым промахом и отбрасывается.

Таким образом, отбрасываются значения  $x_i$  удовлетворяющие условию

$$\bar{x} - \beta_\tau S_x > x_i > \bar{x} + \beta_\tau S_x.$$

Часто для обнаружения грубых промахов применяют критерий  $3S_x$  (обычно при  $n > 25$ ). В этом случае принимают значение критерия  $\beta_\tau = 3$ .

**Пример 10.** Результаты измерения влажности образцов плит в %: 8,1; 7,8; 8,3; 7,3; 8,2; 7,9; 8,0; 8,4; 8,0; 8,2; 7,9; 8,1; 7,8. Определите грубые результаты наблюдений по критерию  $\beta$  с вероятностью 0,9.

*Решение.* Число измерений  $n = 13$ . Среднее арифметическое значение

$$\bar{x} = \frac{(8,1 + 7,8 + 8,3 + 7,3 + 8,2 + 7,9 + 8,0 + 8,4 + 8,0 + 8,2 + 7,9 + 8,1 + 7,8)}{13} = 8,0\%$$

Статистическая дисперсия

$$S^2 = \frac{(0,1^2 + 0,2^2 + 0,3^2 + 0,7^2 + 0,2^2 + 0,1^2 + 0 + 0,4^2 + 0 + 0,2^2 + 0,1^2 + 0,1^2 + 0,2^2)}{12} = 0,94$$

Среднее квадратическое отклонение  $S \approx 0,28$ .

Предельное значение критерия (при вероятности  $P = 0,9$  и  $n = 13$ ) по табл. 5  $\beta_T = 2,426$ .

Проверим числа, наиболее удаленные от среднего значения. Это влажность 7,3 %.  $\beta = \frac{(7,3 - 8,0)}{0,28} = 2,5 > \beta_T = 2,426$ . Следовательно, этот

результат является не случайным «выбросом» и его следует исключить. Остальные результаты менее удалены от среднего значения, поэтому проверке не подлежат.

**Пример 11.** При диагностировании топливной системы автомобиля результаты пяти измерений расхода топлива на 100 км составили 22, 24, 26, 28 и 34 л. Определить наличие грубых погрешностей в экспериментальных данных.

*Решение.* Число измерений  $n = 5$ . Среднее арифметическое значение

$$\bar{x} = \frac{(22 + 24 + 26 + 28 + 34)}{5} = 26,8 \text{ л}/100 \text{ км};$$

Среднее квадратическое отклонение равно

$$S = \sqrt{\frac{4,8^2 + 2,8^2 + 0,8^2 + (-1,2)^2 + (-7,2)^2}{5}} = 4,1 \text{ л}/100 \text{ км}$$

Предельное значение критерия (при вероятности  $P = 0,9$  и  $n = 5$ ) по табл. 5  $\beta_T = 1,869$ .

Проверим число, наиболее удаленное от среднего значения. Это расход топлива 34 л.  $\beta = \frac{(34 - 26,8)}{4,1} = 1,76 < \beta_T = 1,869$ . Критерий

свидетельствует, что последний результат может быть признан достоверным, т.е. «выброс» случаен и его следует сохранить.

### 4.3. Обработка результатов прямых многократных измерений

При обработке равноточных результатов измерений в большинстве случаев исходят из предположения нормального распределения результатов и погрешностей измерений. Если известна систематическая погрешность, то в каждый результат вносят поправку. Если систематическая погрешность постоянна, то её можно исключить внесением поправки после вычисления среднего арифметического значения.

В серии измерений за результат принимают среднее арифметическое значение наблюдений (с учетом поправок и отбрасывания грубых промахов). Среднее арифметическое значение

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n} \quad (25)$$

Статистическое (выборочное) СКО

$$\sigma_x = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}} \quad (26)$$

где  $x_i$  – исправленные значения  $i$ -го наблюдения.

Доверительные границы случайной составляющей погрешности результата измерений

$$\varepsilon = \pm t_{P,n} \cdot \sigma_{\bar{x}}$$

где  $\sigma_{\bar{x}}$  – среднее квадратическое отклонение среднего арифметического значения:

$$\sigma_{\bar{x}} = \frac{\sigma_x}{\sqrt{n}}; \quad t_{P,n} - \text{коэффициент распределения Стьюдента, зависящий}$$

от доверительной вероятности  $P=1-q$  и числа степеней свободы  $r=n-1$ .

Значения  $t_{P,n}$  приведены в табл. П2.

Неисключённая систематическая погрешность результата измерения включает составляющие, обусловленные методом, средствами и другими источниками. Если случайные погрешности малы, то в качестве границ неисключённой систематической погрешности принимают пределы допускаемых основных и дополнительных погрешностей СИ.

При суммировании неисключённых систематических погрешностей их рассматривают как случайные величины с равномерным законом распределения. Границы неисключённых систематических погрешностей результата измерения

$$\Theta = k \sqrt{\sum_{i=1}^m \Theta_i^2}, \quad (27)$$

где  $\Theta_i$  – граница  $i$ -й неисключенной систематической погрешности;  $m$  – число неисключённых систематических погрешностей;  $k$  – коэффициент, определяемый доверительной вероятностью  $P$ . Если  $m > 4$ , то  $k = 1,1$  при  $P = 0,95$  и  $k = 1,4$  при  $P = 0,99$ .

Если же  $m \leq 4$ , то коэффициент определяется по графику  $k = f(m, l)$  ГОСТ 8.207 или по табл. 6, где  $l = \Theta_1 / \Theta_2$ .  $\Theta_1$  – одна из составляющих, наиболее отличающаяся по числовому значению от других,  $\Theta_2$  – другая составляющая, ближайшая по значению к  $\Theta_1$ .

Таблица 6

Значения коэффициента  $k$  для различных значений  $l$  и  $m \leq 4$

$m$	$l$	0,5	1	1,5	2	2,5	3	3,5	4	4,5	5	5,5	6	7	8
2	$k$	1,2	1,29	1,25	1,22	1,19	1,16	1,14	1,12	1,10	1,08	1,07	1,06	1,05	1,04
3		1,35	1,39	1,36	1,31	1,27	1,24	1,20	1,18	1,15	1,13	1,11	1,10	1,09	1,08

При определении границы погрешности результата измерения могут возникнуть три случая.

1.  $\Theta / S_{\bar{x}} < 0,8$ . Неисключенной систематической погрешностью пренебрегают и принимают  $\Delta = \varepsilon$ .

2.  $\Theta / S_{\bar{x}} > 8$ . Пренебрегают случайной составляющей погрешности и принимают  $\Delta = \Theta$ .

3.  $0,8 \leq \Theta / S_{\bar{x}} \leq 8$ . Границу погрешности результата измерения находят как композицию распределений случайных и неисключенных систематических погрешностей, рассматриваемых как случайные величины

$$\Delta = K S_{\Sigma}, \quad (28)$$

где  $K = \frac{\varepsilon + \Theta}{S_{\bar{x}} + \sqrt{\sum_{i=1}^m \frac{\Theta_i^2}{3}}}$ .

$$S_{\Sigma} = \sqrt{\sum_{i=1}^m \frac{\Theta_i^2}{3} + S_{\bar{x}}^2}.$$

При симметричной доверительной вероятности результат измерения представляют в форме  $Q = \bar{x} \pm \Delta, P$ . Если нет данных о виде функций распределений составляющих погрешностей и необходима дальнейшая обработка результатов или анализ погрешностей, то результаты измерений представляются в форме  $\bar{x}; S_{\bar{x}}, n; \Theta$ .

**Пример 12.** Толщиномером, предельная погрешность измерений которого составляет  $\Delta = 10 \text{ мкм}$ , получены результаты измерений толщины лакового покрытия  $h$ , мкм: 470, 354, 402, 434, 387, 413, 465, 448, 540,

393, 425, 456, 442. Измерения выполнялись при температуре 30°C. Коэффициент линейного расширения лака, по справочным данным, находится в пределах  $\alpha = (36..60) \cdot 10^{-6}$ . Определить результат измерений.

*Решение.* Определим среднее арифметическое значение:

$$\bar{h} = (470 + 354 + 402 + 434 + 387 + 413 + 465 + 448 + 540 + 393 + 456 + 442) / 13 = \text{СК} \\ = 5629 / 13 = 433 \text{ мкм.}$$

$$O S_{\bar{h}} = 40,53 \text{ мкм.}$$

Проверим наличие грубых погрешностей:  $h_{\max} - \bar{h} = 540 - 433 = 107 \text{ мкм.}$  При  $P = 0,95$  допускаемое значение критерия  $\nu_{\delta} = 2,563$ . Действительное значение  $\beta = 107 / 40,53 = 2,642 > 2,563$ . Следовательно, результат 540 мкм нужно отбросить.

Определяем значения характеристик по оставшимся 12 наблюдениям:

$$\bar{h} = 424 \text{ мкм, } S_x = 35,24 \text{ мкм, } S_{\bar{h}} = 10,2 \text{ мкм.}$$

Доверительные границы для случайной составляющей при  $P = 0,95$  (по распределению Стьюдента  $t_p = 2,203$ )  $\varepsilon = \pm 2,203 \cdot 10,2 = \pm 22,47 \text{ мкм.}$

Температурная погрешность  $\Delta_t = \bar{h} \cdot \alpha (t - t_n) = 4240 \cdot \alpha$ . Так как коэффициент линейного расширения задан диапазоном, то будем считать распределение вероятностей его в этом диапазоне равномерным со средним значением  $\bar{\alpha} = 48 \cdot 10^{-6} \text{ град}^{-1}$ . Систематическая составляющая температурной погрешности  $\Delta_t = 4240 \cdot 48 \cdot 10^{-6} = 0,2035 \text{ мкм.}$  Следовательно, к среднему значению можно внести поправку, равную систематической погрешности с обратным знаком  $q_t = -\Delta_t = -0,2035 \text{ мкм.}$

Неисключённая систематическая составляющая температурной погрешности  $\Theta_1$  определяется границами равномерного распределения:  $2\Delta = 4240 \cdot (60 - 36) 10^{-6} = 0,102 \text{ мкм; } \Theta_1 = \pm 0,051 \text{ мкм.}$

Другой неисключённой систематической составляющей погрешности  $\Theta_2$  будет предельная погрешность измерения толщиномера. Так как первая погрешность значительно меньше второй, то её можно не учитывать. Следовательно,  $\Theta = 10 \text{ мкм.}$

Соотношение  $\Theta / S_{\bar{h}} = 10 / 10,2 = 0,98$ , поэтому доверительная граница погрешности измерения определяется по выражению (28):

$$K = (22,47 + 10) / (10,2 + 5,74) = 2,04; \quad S_{\Sigma} = 11,75 \text{ мкм;}$$

$$\Delta = \pm 23,96 \approx \pm 24 \text{ мкм.}$$

Результат

измерения

$$400 \text{ мкм} \leq h \leq 448 \text{ мкм, } P = 0,95.$$

## Задание 2

**Вариант 1.** При многократных измерениях длины получены следующие значения, мм: 30; 30,4; 30,1; 30,3; 29,8; 29,3; 30; 30,2; 30,3, 30,2. Систематическая составляющая погрешности измерения  $\Delta_s = -0,1\text{мм}$ . Запишите результат измерения длины после исключения грубых промахов по критерию  $v$  при  $P = 0,9$ .

**Вариант 2.** При многократном измерении длины  $L$  получены значения, мм: 12,5; 12; 12,4; 12,7; 12,3; 12,4; 12,5; 12,6. Запишите истинное значение длины с вероятностью  $P = 0,94$ .

**Вариант 3.** При многократном измерении постоянного напряжения получены значения, В: 14,2; 13,8; 14,8; 14; 13,9; 14,4; 14,1; 14,3; 14,0. Запишите доверительные границы истинного значения измеряемой величины с  $P = 0,96$  после исключения грубых промахов с вероятностью  $P = 0,90$ .

**Вариант 4.** При многократном измерении температуры в цехе получены значения, °С: 20,4, 20,6, 20, 20,7; 20,5; 21; 19,8; 20,3; 20,8. Запишите результат измерения с доверительной вероятностью  $P = 0,96$ .

**Вариант 5.** При многократном измерении влажности в цехе получены значения, %: 62, 65, 63, 67, 64, 65, 66, 64, 63. Запишите доверительные границы истинного значения влажности при  $P = 0,995$ .

**Вариант 6.** При многократном измерении влажности в цехе получены значения, %: 70; 64; 62, 65, 63, 67, 64, 65, 66, 64, 63. Запишите доверительные границы истинного значения влажности с  $P = 0,99$ .

**Вариант 7.** При многократном измерении массы были получены значения, кг: 94, 100, 96, 98, 95, 93, 97, 95, 96. Запишите доверительные границы для истинного значения массы при  $P = 0,92$ .

**Вариант 8.** При измерении температуры получены значения, °С; 20,7; 20,1; 20,5; 19,8; 20; 20,4; 20,1; 20,2; 20; 21. Установите доверительные границы истинного значения температуры при  $P = 0,93$  после исключения грубых промахов по критерию  $v$ .

**Вариант 9.** При многократных измерениях массы тела  $M$  получены значения, кг: 1109; 1112; 1114; 1112; 1109; 1108; 1115; 1113; 1111; 1110; 1111. Запишите истинное значение массы тела с оценкой доверительного интервала при  $P = 0,99$ .

**Вариант 10.** Установите доверительные границы результата измерения давления  $\rho = \frac{F}{S}$  при  $P = 0,94$ , если многократными

измерениями получены результаты для силы  $F$ , Н: 264, 273, 270, 263, 260, 265, 267, 264, 261, 266; для площади  $S$ , м<sup>2</sup>:  $1,366 \cdot 10^{-6}$ ;  $1,367 \cdot 10^{-6}$ ;  $1,362 \cdot 10^{-6}$ ;  $1,363 \cdot 10^{-6}$ ;  $1,364 \cdot 10^{-6}$ ;  $1,369 \cdot 10^{-6}$ ;  $1,365 \cdot 10^{-6}$ ;  $1,368 \cdot 10^{-6}$ .

**Вариант 11.** Установите границы доверительного интервала измерения сопротивления  $R = \frac{U}{I}$  с вероятностью  $P = 0,91$ , если при многократных измерениях получены результаты для напряжения  $U$ , В: 237,8; 240,2; 233,4; 238,8; 242,2; 239,9; 235,5; 236,6; 236,7; для силы тока  $I$ , А: 1,06; 1,09; 1,05; 1,07; 1,08; 1,09; 1,08; 1,12.

**Вариант 12.** При многократных измерениях скорости получены результаты, км/ч: 108,65; 108,70; 108,69; 108,73; 108,71; 108,79; 108,69; 108,72; 108,74; 108,71; 108,73; 108,70. Запишите результаты измерения с оценкой доверительного интервала при  $P = 0,994$ .

**Вариант 13.** Для определения активного сопротивления по закону Ома получены многократные измерения напряжения и силы тока. Результаты измерений напряжения, В: 199,80; 199,6; 199,90; 199,70; 199,80; 200,10; 199,95; 199,60; 199,50. Результаты измерения силы тока, А: 4,97; 4,96; 5,01; 5,07; 4,98; 4,93; 4,95; 4,99. Определите с доверительной вероятностью  $P = 0,98$  границы истинного значения величины активного сопротивления.

**Вариант 14.** При многократных измерениях длины получены следующие значения, мм: 30,4; 30,1; 30,3; 29,8; 29,2; 30; 30,2; 30,8; 30,5; 30,2. Запишите доверительные границы длины с вероятностью  $P = 0,95$  после исключения грубых промахов по критерию  $v$ .

**Вариант 15.** При многократном измерении длины  $L$  получены значения, мм: 12,5; 12,0; 12,9; 13,6; 12,4; 12,7; 12,3; 12,4; 12,5; 12,6. Запишите истинное значение длины с оценкой доверительного интервала при  $P = 0,99$ .

**Вариант 16.** При многократном измерении постоянного напряжения получены значения, В: 14,2; 13,8; 14,6; 14; 13,6; 14,4; 14,1; 14,3; 14,5. Погрешность от подключения вольтметра  $\Delta_s = -0,2B$ . Запишите результат измерения с оценкой доверительного интервала при  $P = 0,90$ .

**Вариант 17.** При многократном измерении температуры в цехе получены значения, °С: 20,1; 20,6; 20,0; 20,4; 20,5; 22; 19,8; 20,3; 20,8.

Запишите результат измерения с оценкой доверительного интервала при  $P = 0,98$  после исключения грубых погрешностей.

**Вариант 18.** При многократном измерении влажности в цехе получены значения, %: 64, 68, 62, 65, 63, 57, 64, 65, 66, 60, 63. Погрешность измерения от влияния температуры  $\Delta_s = 2\%$ . Запишите доверительные границы истинного значения влажности при  $P = 0,999$ .

**Вариант 19.** При многократном измерении массы были получены значения, кг: 90, 96, 94, 100, 96, 98, 95, 93, 97, 95, 96. Запишите доверительные границы для истинного значения массы при  $P = 0,97$ .

**Вариант 20.** При измерении температуры получены значения, °С: 21,2; 20,1; 20,2; 20,3; 19,8; 20; 20,4; 20,3; 20,2; 20. Запишите среднее

значение температуры после исключения грубых промахов по критерию  $v$  при  $P = 0,90$ .

**Вариант 21.** При многократных измерениях массы тела  $M$  получены значения, кг: 1112; 1114; 1112; 1109; 1108; 1115; 1113; 1111; 1110; 1111. Запишите истинное значение массы тела с оценкой доверительного интервала при  $P = 0,97$ .

**Вариант 22.** Установите границы доверительного интервала при измерении давления  $p = \frac{F}{S}$  с  $P = 0,9$ , если многократными измерениями получены результаты для силы  $F$ , Н: 261; 273; 270; 263; 260; 265; 267; 264; 261; 266; для площади  $S$ , м<sup>2</sup>:  $1,366 \cdot 10^{-6}$ ;  $1,367 \cdot 10^{-6}$ ;  $1,362 \cdot 10^{-6}$ ;  $1,363 \cdot 10^{-6}$ ;  $1,364 \cdot 10^{-6}$ ;  $1,369 \cdot 10^{-6}$ ;  $1,365 \cdot 10^{-6}$ .

**Вариант 23.** Установите границы доверительного интервала при измерении сопротивления  $R = \frac{U}{I}$  с  $P = 0,8$ , если при многократных измерениях получены результаты для напряжения  $U$ , В: 237,8; 242,2; 233,4; 238,8; 240,0; 239,2; 235,5; 234,6; 236,7; для силы тока  $I$ , А: 1,05; 1,09; 1,06; 1,07; 1,08; 1,09; 1,08; 1,02.

**Вариант 24.** При многократном измерении скорости автомобиля получены результаты, км/ч: 108,63; 108,73; 108,69; 108,73; 108,71; 108,77; 108,69; 108,72; 108,74; 108,71; 108,73; 108,70. Запишите результаты измерения с оценкой доверительного интервала при  $P = 0,99$ .

**Вариант 25.** Для определения активного сопротивления по закону Ома получены многократные измерения напряжения и силы тока. Результаты измерений напряжения  $U$ , В: 199,81; 199,92; 199,73; 199,84; 200,02; 199,96; 199,88; 199,94. Результаты измерения силы тока  $I$ , А: 4,93; 4,97; 5,03; 5,07; 4,98; 4,93; 4,95; 4,99. Определите границы истинного значения активного сопротивления с доверительной вероятностью  $P = 0,97$ .

**Вариант 26.** Установите доверительные границы коэффициента трения  $k = \frac{F_{mp}}{F_N}$  с доверительной вероятностью  $P = 0,92$ , если по результатам многократных измерений полученные значения, Н:  $F_{тр} = 48$ ; 47; 50; 47,5; 48; 49; 46;  $F_N = 1020$ ; 1027; 1023; 1025; 1022; 1024; 1023; 1025.

**Вариант 27.** При многократных измерениях длины получены следующие значения, мм: 30,4; 30,1; 30,3; 29,8; 29,1; 30,0; 30,2; 30,8; 30,2. Запишите среднее значение длины после исключения грубых промахов по критерию  $v$  при  $P = 0,9$  и установите доверительные границы с вероятностью 0,96.

**Вариант 28.** При измерении температуры получены значения, °С: 20,3; 20,1; 20,5; 19,8; 20,0; 20,4; 20,1; 20,2; 21. Запишите значение

температуры с доверительной вероятностью  $P = 0,91$  после исключения грубых промахов по критерию  $v$  при  $P = 0,95$ .

**Вариант 29.** Установите доверительные границы истинного значения электрической мощности  $P = U \cdot I$  с доверительной вероятностью  $P = 0,95$ , если измерением получены следующие результаты  $U$ , В: 230, 234, 232, 240, 235, 234, 236, 234;  $I$ , А: 4,8; 5,0; 5,3; 4,9; 4,7; 5,2; 5,1.

#### 4.4. Проверка нормальности распределения

Когда к тщательности и достоверности обработки результатов измерений предъявляются высокие требования (например, при исследовании новых процессов или определении метрологических характеристик), то необходимо знать реальный закон распределения измеряемой величины, так как числовые значения вероятностных характеристик при разных законах распределения могут существенно отличаться. Для установления закона распределения выполняются сотни, а иногда и тысячи измерений (объем выборки  $n$ ). С учетом предпосылок природы появления рассеяния результатов измерений выдвигается гипотеза о функции плотности теоретического распределения. В большинстве случаев предполагают, что рассеивание полученных результатов соответствует нормальному закону распределения. Для установления принятого соответствия используют критерии согласия.

Наиболее распространенным (при числе измерений  $n > 50$  и неизвестных параметрах распределения) является критерий К.Пирсона  $\chi^2$  (хи-квадрат). В качестве меры расхождения между теоретическими вероятностями и статистическими частотами этот критерий предусматривает сумму квадратов отклонений частот  $m_i/n$  от теоретических вероятностей  $P_i$ , попадания отдельного значения результата измерения в  $i$ -й интервал:

$$\chi^2 = \sum \frac{n}{P_i} \left( \frac{m_i}{n} - P_i \right)^2$$

При числе измерений  $15 < n < 50$  (допускается от 10) применяют составной критерий, который включает последовательную проверку выполнения критерия 1 и критерия 2.

**Критерий 1.** Вычисляют смещенную оценку СКО

$$S^* = \sqrt{\sum (x_i - \bar{x})^2 / n}$$

и отношение

$$\tilde{d} = \sum |x_i - \bar{x}| / (nS^*) \quad (29)$$

Результаты измерений считают распределёнными нормально, если выполняется условие

$$d_{\min} \leq \tilde{d} \leq d_{\max}, \quad (30)$$

где  $d_{\min}$  и  $d_{\max}$  - квантили распределения, определённые по табл. 7 для  $n$  и принятого значения уровня значимости  $q_1 = (1, 5 \text{ или } 10) \%$ .

Соответственно  $P = 1 - q_1$  составит 99 %, 95 % или 90 %.

Таблица 7

Статистика  $d$ 

$n$	$P^* = 0,90$		$P^* = 0,95$		$P^* = 0,99$	
	$d_{\min}$	$d_{\max}$	$d_{\min}$	$d_{\max}$	$d_{\min}$	$d_{\max}$
11	0,7408	0,8899	0,7153	0,9073	0,6675	0,9359
16	0,7452	0,8733	0,7236	0,8884	0,6829	0,9137
21	0,7495	0,8631	0,7304	0,8768	0,6950	0,9001
26	0,7530	0,8570	0,7360	0,8686	0,7040	0,8901
31	0,7559	0,8511	0,7404	0,8625	0,7110	0,8827
36	0,7583	0,8468	0,7440	0,8578	0,7167	0,8769
41	0,7604	0,8436	0,7470	0,8540	0,7216	0,8722
46	0,7621	0,8409	0,7496	0,8508	0,7256	0,8682
51	0,7636	0,8385	0,7518	0,8481	0,7291	0,8648

**Критерий 2.** Можно считать, что результаты измерений подчиняются нормальному закону, если не более  $m$  разностей  $|x_i - \bar{x}|$  превзошли значение  $z_{P/2} \cdot S$ , где оценка СКО  $S = \sqrt{\sum (x_i - \bar{x})^2 / (n - 1)}$ ;  $z_{P/2}$  - верхняя квантиль распределения нормированной функции Лапласа для доверительной вероятности  $P$ , которая определяется из табл. 8 в зависимости от выбранного уровня значимости  $q_2$  и числа результатов наблюдений  $n$ . Значение  $m$  устанавливается в той же таблице. Затем по установленному значению  $P$  из таблицы нормированной функции Лапласа (табл. П1) определяется аргумент  $z_{P/2}$ .

Результирующий уровень значимости составного критерия  $q \leq q_1 + q_2$ . Если не выполняется хотя бы один из критериев, то считают, что распределение результатов измерений не соответствуют нормальному закону.

Таблица 8

Значения  $P$  для вычисления  $z_{P/2}$ 

$n$	$m$	$q_2 \cdot 100\%$			$n$	$m$	$q_2 \cdot 100\%$		
		1 %	2%	5%			1 %	2%	5%
10	1	0,98	0,98	0,96	23	2	0,98	0,98	0,96
11...14	1	0,99	0,98	0,97	24...27	2	0,98	0,98	0,97

15...20	1	0,99	0,99	0,98	28...32	2	0,99	0,98	0,97
21...22	2	0,98	0,97	0,96	33...35	2	0,99	0,98	0,98

**Пример 13.** Проверить соответствие нормальному закону распределения результаты измерения параметра шероховатости  $R_a$ , мкм: 0,49; 0,47; 0,48; 0,48; 0,46; 0,45; 0,46; 0,46; 0,56; 0,50; 0,47; 0,47; 0,46; 0,44; 0,39; 0,45; 0,43; 0,47; 0,44; 0,46.

*Решение.* Среднее значение  $\bar{R}_a = 9,29/19 = 0,465$  мкм. Среднее квадратическое отклонение  $S_R = 0,0322$  мкм. Проверим наличие грубых промахов по критерию  $\beta$ . Наиболее удалённое от среднего значения показание № 9 ( $R_a = 0,56$ ).  $\beta_9 = (0,56 - 0,465)/0,0232 = 2,954$ .

При  $P = 0,95$  допускаемое отклонение критерия  $\beta_T = 2,8$ ;  $2,954 > 2,8$ . Следовательно, показание № 9  $R_a = 0,56$  нужно исключить из результатов.

*Критерий 1.* Параметры исправленных результатов  $\bar{R}_a = 0,46$ ; смещённая оценка  $S^* = 0,023$ ;  $d = 0,744$ .

По табл. 7 определим: при  $q_1 = 1\%$  ( $P = 0,99$ )  $d_{min} = 0,6902$  и  $d_{max} = 0,9055$ . подставим эти значения в неравенство (30):  $0,6902 < 0,744 < 0,9055$ .

При  $q_1 = 5\%$  ( $P = 0,95$ )  $d_{min} = 0,7277$  и  $d_{max} = 0,8814$ .  $0,7277 < 0,744 < 0,8814$ .

Следовательно, при уровнях значимости  $q_1$  равным 1 и 5 % критерий выполняется.

*Критерий 2.* При  $q_2 = 5\%$  из табл. 8 определим  $P = 0,98$   $z_{p/2} = 2,33$  и  $m = 1$ . Несмещенная оценка  $S = 0,024$  мкм.  $z_{p/2} \cdot S = 2,33 \cdot 0,024 = 0,056$ . Наибольшая разность  $|x_i - \bar{x}| = 0,39 - 0,46 = 0,05 < 0,056$ . Следовательно, при уровне значимости  $q = 5\%$  критерий 2 тоже выполняется. Таким образом, при уровнях значимости  $q \leq (5 + 5) = 10\%$  и  $q \leq (1 + 5) = 6\%$  полученные результаты соответствуют нормальному распределению.

#### 4.5. Обработка результатов нескольких серий измерений

Иногда многократные измерения одной величины постоянного размера производятся в несколько этапов, различными средствами, разными людьми и в разных условиях. Результат такого измерения определяется несколькими сериями полученных значений. Если все результаты наблюдений подчиняются одному закону распределения, то серии называются однородными. При выборе способа совместной

обработки результатов измерений нескольких серий обязательна проверка однородности. Она организуется обычно сравнением между собой эмпирических моментов: средних арифметических и оценок дисперсий каждой серии.

Пусть имеются две выборки объёмом  $n_1$  и  $n_2$ , для которых определены оценки параметров  $\bar{x}_1$ ,  $S_1^2$  и  $\bar{x}_2$ ,  $S_2^2$ . Если экспериментальные данные в каждой серии подчиняются нормальному закону распределения вероятностей, то при  $n_i > 40 \dots 50$  нормальному закону подчиняются и средние арифметические  $\bar{x}_1$ , и  $\bar{x}_2$ , а также их разность  $\Delta\bar{x} = \bar{x}_2 - \bar{x}_1$ .

При небольшом количестве данных в каждой серии средние значения подчиняются закону распределения Стьюдента, но их разность при  $n_1 + n_2 > 40 \dots 50$  можно считать подчиняющейся нормальному распределению. Различие средних арифметических  $\bar{x}_1$  и  $\bar{x}_2$  может быть случайным со средним значением равным нулю и дисперсией

$$\sigma_{\bar{x}_2 - \bar{x}_1}^2 = \frac{\sigma_1^2}{n_1} + \frac{\sigma_2^2}{n_2}.$$

$$\text{Эмпирическое значение } S_{\bar{x}_2 - \bar{x}_1}^2 = \frac{S_1^2}{n_1} + \frac{S_2^2}{n_2}.$$

Задавшись доверительной вероятностью  $P$  по таблице нормированной функции Лапласа (или распределения Стьюдента), находим соответствующее значение  $t$  и определим доверительные границы для разности  $\Delta\bar{x}$ , если она случайная и подчиняется нормальному закону распределения. Различия средних значений незначимы, если соблюдается условие

$$|\Delta\bar{x}| \leq t_p S_{\bar{x}_2 - \bar{x}_1}.$$

В противном случае различия значимы. Тогда нужно искать причину расхождения между экспериментальными средними арифметическими значениями и вносить поправку в данные соответствующей серии.

При малом числе серий измерений вычисляют величину  $t_{1-2}$  по двум среднеарифметическим:

$$t_{1-2} = \frac{|\bar{x}_1 - \bar{x}_2|}{\sqrt{(n_1 - 1)S_1^2 + (n_2 - 1)S_2^2}} \sqrt{\frac{n_1 n_2 (n_1 + n_2 - 2)}{n_1 + n_2}}.$$

Если результаты наблюдений распределены нормально, то  $t_{1-2}$  имеет распределение Стьюдента с  $n_1 + n_2 - 2$  степенями свободы, асимптотически переходящее в нормальное при большом числе наблюдений с математическим ожиданием  $M(t_{1-2}) = 0$  и дисперсией  $D(t_{1-2}) = 1$ . Задаваясь уровнем значимости  $q = 1 - P$ , по табл. П2 находится  $t_p$ . Гипотеза о равенстве математических ожиданий принимается, если  $t_{1-2} < t_p$ .

Кроме того, нужно сравнить оценки дисперсий. Серии с незначимым различием дисперсий называют *равнорассеянными*. Для проверки гипотезы о равнорассеянности результатов измерений применяется распределение Р.А. Фишера  $F_{(k_1; k_2)q}$ , которое задаётся в табличной форме в виде процентных точек в зависимости от числа степеней свободы  $k_1 = n_1 - 1$  большей дисперсии  $S_1^2$  и от числа степеней свободы  $k_2 = n_2 - 1$  меньшей дисперсии  $S_2^2$  для различных значений доверительной вероятности  $P = 1 - q$  (или уровня значимости  $q$ ). Условие принятия гипотезы о равнорассеянности:

$$\frac{S_1^2}{S_2^2} < F_{(k_1; k_2)q},$$

т.е., если отношение большей дисперсии к меньшей будет меньше табличного значения аргумента интегральной функции распределения вероятностей Р. А. Фишера, то различие оценок незначимо, и они являются двумя независимыми оценками одной дисперсии. Значения  $F_{(k_1; k_2)q}$  определяются по табл. П4.

Равнорассеянные серии с незначимым различием средних арифметических значений считаются *однородными*. Если данные получены в одинаковых условиях, то это говорит о сходимости измерений, если в разных условиях - о воспроизводимости.

Другим способом оценки равноточности серий может быть нахождение доверительных границ для истинной дисперсии.

$$\text{Нижняя граница } S_{\text{н}} = \frac{kS^2}{\chi_{k; 1-q/2}^2}; \text{ верхняя граница } S_{\text{в}} = \frac{kS^2}{\chi_{k; q/2}^2}.$$

Границы определяются для проверяемых эмпирических дисперсий  $S_1^2$  и  $S_2^2$  и соответствующих им степеней свободы. Значения  $\chi_{k; 1-q/2}^2$  и  $\chi_{k; q/2}^2$  определяются по табл. П3. Если полученные интервалы  $[S_{\text{н}}^2 \dots S_{\text{в}}^2]_{\text{I}}$  и  $[S_{\text{н}}^2 \dots S_{\text{в}}^2]_{\text{II}}$  перекрываются, то измерения можно считать равноточными.

Экспериментальные данные, входящие в однородные серии, можно обрабатывать как единый массив, используя полученные результаты:

$$\bar{\bar{x}} = \frac{\bar{x}_1 n_1 + \bar{x}_2 n_2}{N};$$

$$S_{\bar{\bar{x}}} = \sqrt{\frac{1}{N(N-1)} \left[ (n_1 - 1)S_1^2 + (n_2 - 1)S_2^2 + n_1(\bar{x}_1 - \hat{x})^2 + n_2(\bar{x}_2 - \hat{x})^2 \right]}$$

где  $N = n_1 + n_2$ .

При обработке неравнорассеянных серий с незначимо различающимися средними арифметическими особую ценность имеют измерения, выполненные с большей точностью. Для учета этого в оценку

среднего значения всего массива экспериментальных данных включают средние арифметические серий с «весами», обратно пропорциональными оценкам их дисперсий:

$$\bar{\bar{x}} = \frac{\bar{x}_1 g_1 + \bar{x}_2 g_2 + \dots + \bar{x}_l g_l}{g_1 + g_2 + \dots + g_l},$$

где  $g_j = 1/S_j^2$  - весовой коэффициент,  $l$  - число серий.

Среднее квадратическое отклонение среднего взвешенного

$$S_{\bar{\bar{x}}} = \sqrt{\frac{1}{\sum_{j=1}^l g_j}}.$$

Можно использовать безразмерные весовые коэффициенты  $g'_j = g_j / \sum g_j$ , для которых удовлетворяется условие  $\sum g'_j = 1$ . Тогда выражение для среднего взвешенного примет вид  $\bar{\bar{x}} = \sum_{j=1}^l g'_j \bar{x}_j$ .

Доверительная граница погрешности результата измерений

$$\varepsilon = \pm t_p S_{\bar{\bar{x}}},$$

где  $t_p$  определяется по таблице функции Лапласа (если  $n_j = 20 \dots 30$ ) при заданной доверительной вероятности  $P$ . При малых числах нормально распределённых результатов измерений в сериях  $t_p$  определяется по распределению Стьюдента с числом степеней свободы

$$r = \left( \sum_{j=1}^l g_j \right)^2 / \sum \left( \frac{g_j^2}{n_j + 1} \right) - 2.$$

**Пример 14.** На вертикальном оптиметре выполнены три серии измерений отклонений от номинального размера  $\Delta d$  мкм, результаты которых сведены в таблицу.

№ наблюдения		1	2	3	4	5	Средние значения $\bar{x}_j$
Результаты измерений по сериям в мкм	I	45	49	47	46	45	46,4
	II	46	47	44	43	50	46
	III	44	55	43	48	35	45

Решение. Определим дисперсии для каждой серии:

$$S_1^2 = [(45 - 46,4)^2 + (49 - 46,4)^2 + (47 - 46,4)^2 + (46 - 46,4)^2 + (45 - 46,4)^2] / 4 = 2,8 \text{ мкм}^2;$$

$$S_2^2 = [(46 - 46)^2 + (47 - 46)^2 + (44 - 46)^2 + (43 - 46)^2 + (50 - 46)^2] / 4 = 7,5 \text{ мкм}^2;$$

$$S_3^2 = [(44 - 45)^2 + (45 - 45)^2 + (43 - 45)^2 + (48 - 45)^2 + (35 - 45)^2] / 4 = 28,5 \text{ мкм}^2.$$

По распределению Стьюдента проверим значимость различий средних арифметических в сериях. Для этого по формуле (34) вычислим разности:

$$t_{I-II} = \frac{46,4 - 46}{\sqrt{4 \cdot 2,24 + 4 \cdot 6}} \sqrt{\frac{5 \cdot 5 \cdot (5 + 5 - 2)}{5 + 5}} = \frac{1,789}{5,741} = 0,3116;$$

$$t_{II-III} = \frac{46 - 45}{\sqrt{4 \cdot 6 + 4 \cdot 22,8}} \sqrt{\frac{5 \cdot 5 \cdot 8}{5 + 5}} = 0,417;$$

$$t_{I-III} = \frac{46,4 - 45}{\sqrt{4 \cdot 2,24 + 4 \cdot 22,8}} \sqrt{\frac{5 \cdot 5 \cdot 8}{5 + 5}} = 0,6256;$$

Для принятой доверительной вероятности  $P = 0,95$  с числом степеней свободы  $k = n_1 + n_2 - 2 = 8$  по табл. П2 находим значение  $t_{0,95} = 2,306$ . При сравнении полученных расчетом значений  $t$  с предельным  $t_p$  установим, что гипотеза о равенстве математических ожиданий всех серий принимается.

Проверим гипотезу о равномерности результатов измерений по критерию Р. А. Фишера:  $S_2^2/S_1^2 = 7,5/2,8 = 2,68$ ;  $S_3^2/S_2^2 = 28,5/7,6 = 3,8$ ;  $S_3^2/S_1^2 = 28,5/2,8 = 10,18$ .

Задаваясь уровнем значимости 5 % ( $q = 0,05$ ), из таблиц распределения Фишера (табл. П4) найдем  $F_{4;4;0,05} = 6,39$ . Следовательно, при 5 % уровне значимости серии наблюдений I и II, а также II и III можно считать равнозначными, а различие дисперсий в сериях I и III являются значимыми (серии неравномерные).

Для определения наилучшей оценки объединённых результатов измерений неравномерных серий необходимо вычислить весовые коэффициенты:

$$g_I = 1/2,8 = 0,357; \quad g_{II} = 1/7,5 = 0,133; \quad g_{III} = 1/28,5 = 0,035.$$

При равенстве математических ожиданий среднее взвешенное определим по формуле (38):

$$\bar{x} = \frac{46,4 \cdot 0,357 + 46 \cdot 0,133 + 45 \cdot 0,035}{0,357 + 0,133 + 0,035} = 46,20525 \approx 46,2 \text{ мкм.}$$

Среднее квадратическое отклонение среднего взвешенного можно рассчитать по формуле (39):

$$S_{\bar{x}} = \sqrt{1/(0,357 + 0,133 + 0,035)} = 1,38 \text{ мкм.}$$

Для определения доверительных границ результата измерения нужно определить число степеней свободы, которое при малом числе измерений вычисляется по уравнению (40):

$$r = \frac{(0,357 + 0,133 + 0,035)^2}{0,357^2/6 + 0,133^2/6 + 0,035^2/6} - 2 = 9,31.$$

Для числа степеней свободы  $r = 9,31$  при доверительной вероятности  $P = 0,95$  по табл. П2 определим  $t_p = 2,252$ . Доверительные границы взвешенного среднего  $\varepsilon = \pm 2,252 \cdot 1,38 = \pm 3,1078 \approx \pm 3,1$  мкм. Результат измерения  $\Delta d = (46,2 \pm 3,1)$  мкм.

### Задание 3

Определить результат многократных измерений трех серий одной величины различными средствами и разными операторами. Результаты наблюдений приведены в табл. 10. Порядок выполнения задания:

1. Определить для каждой серии  $\bar{x}_j$  и  $S_j$ .
2. Выявить наличие грубых промахов в каждой серии по критерию  $\beta$  с вероятностью  $P = 0,90$ .
3. После отбрасывания грубых результатов снова определить  $\bar{x}_j$  и  $S_j$ .
4. Проверить соответствие распределения результатов наблюдений нормальному закону в каждой серии: 1-й и 2-й серий - по критерию  $W$ , а 3-й серии - по составному критерию.
5. Проверить однородность серий: гипотезу о равенстве математических ожиданий 1-й и 2-й, а затем 2-й и 3-й; гипотезу о равноточности измерений серий по критерию Фишера или по доверительным границам дисперсий.
6. Определить среднее значение для всех серий и доверительные границы с вероятностью, заданной для третьей серии. Если гипотеза о равенстве математических ожиданий для какой-то серии не подтверждается, то результаты ее учитывать не следует.
7. Определить суммарное СКО: при равноточных измерениях - по уравнению (37), при неравноточных - по уравнению (38).
8. Записать общий результат измерения.

Таблица 10

### Исходные данные к заданию 3

Первая цифра варианта	Вторая цифра номера варианта (результаты измерений 3-й серии)										
	№ серии	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
1	1	80	84	81	78	82	79	83	81	80,5	81,5
	2	83	90	85	86	87	83	86	84	80	85
2	1	81	87	83	79	85	82	84	83	78	86
	2	77	81	84	83	91	78	85	86	84	87
3	1	78	88	86	84	93	85	87	89	86	83

	2	84	-	82	76	88	81	82	85	83	80
4	1	79	85	80	77	83	84	81	80	82	81
	2	86	92	85	82	84	87	88	79	78	89
5	1	82	84,5	88	83	86	83	85	82	79	84
	2	81	85	-	80	90	84	86	83,5	77	81
6	1	76	87	82	79	85	82	84	87	81	86
	2	83	89	86	81	87	85	83	86	84	85
7	1	80	84	81	78	82	81	81,5	80	79	82
	2	79	88	83	82	86	80	85	81	82	84
8	1	78	86	87	80	84	83	84	85	81,5	83,5
	2	84	89	85	84	88	81	86	84,5	85	87
9	1	82	93	84	79	85	89	87	82	86	88
	2	80	90	83	81	87	82	85	84	80	86
0	1	79	87	82	80	83	85	81	82	81	84
	2	81	91	86	78	85	83	87	83	84	80
Вероятность $P$		0,90	0,91	0,92	0,93	0,94	0,95	0,96	0,97	0,98	0,99

## 5. ОБРАБОТКА РЕЗУЛЬТАТОВ СОВМЕСТНЫХ ИЗМЕРЕНИЙ

Для установления взаимосвязи различных явлений (величин) с целью их аналитического описания выполняют совместные измерения. При этом связь может быть функциональная и вероятностная.

*Функциональная связь* определяет однозначную зависимость между величинами. Например, связь между током и напряжением в электрической цепи по закону Ома. Если экспериментальные данные будут располагаться не точно на прямой (рис. 1), то отклонения от неё результатов измерений объясняется погрешностями эксперимента.

*Вероятностная связь* между двумя явлениями (величинами) имеет место тогда, когда определенному значению одной величины в различных опытах соответствует множество значений другой, но изменение одной величины вызывает направленное изменение другой.

Совокупность точек на рис. 2 называется полем корреляции. Разброс точек вокруг воображаемой зависимости уже нельзя объяснить погрешностями измерений. Особенностью вероятностной взаимосвязи величин  $X$  и  $Y$  является то, что изменение одной величины приводит к изменению другой «в среднем». При этом между величинами  $X$  и  $Y$  имеется *корреляционная зависимость* или просто корреляция.

Функциональная зависимость среднего значения  $\bar{y}$  от  $x$  называется регрессией  $Y$  по  $X(\bar{y}_x)$ . Аналогично определяется регрессия  $X$  по  $Y(\bar{x}_y)$ .

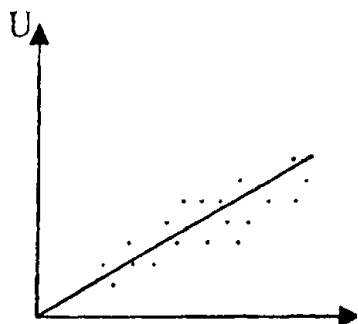


Рис. 1. Функциональная связь

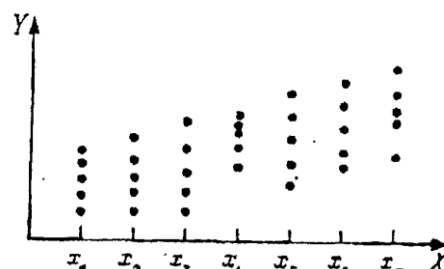


Рис. 2. Вероятностная связь

Такие зависимости среднего значения одной величины по значению другой называются уравнениями регрессии. Числовой критерий определяющий степень близости корреляционной зависимости к функциональной, называют *коэффициентом корреляции* ( $r_{xy}$ ), который может быть в пределах  $-1 \leq r_{xy} \leq +1$ . Если  $r_{xy} > 0$ , то корреляция положительная (при возрастании одной случайной величины другая имеет тенденцию в среднем возрастать); если  $r_{xy} < 0$ , то корреляция отрицательная (при возрастании одной случайной величины другая имеет тенденцию в среднем убывать).  $r_{xy}$  - безразмерная величина. Следует отметить, что коэффициент корреляции характеризует степень приближения взаимосвязи величин  $X$  и  $Y$  лишь к линейной функции. Если взаимосвязь нелинейная, то по коэффициенту корреляции нельзя судить о степени взаимосвязи.

Для линейной вероятностной взаимосвязи используют линейные уравнения регрессии

$$\bar{y}_x - m_y = \frac{\mu_{xy}}{\sigma_x^2}(X - m_x); \quad \bar{x}_y - m_x = \frac{\mu_{xy}}{\sigma_y^2}(Y - m_y);$$

где  $m_x$ ,  $\sigma_x^2$  и  $m_y$ ,  $\sigma_y^2$  - соответственно математические ожидания и дисперсии величин  $X$  и  $Y$ ;

$\mu_{xy} = M[\dot{X}, \dot{Y}] \sim$  центральный момент для совокупности центрированных случайных величин  $\dot{X} = X - m_x$  и  $\dot{Y} = Y - m_y$ .

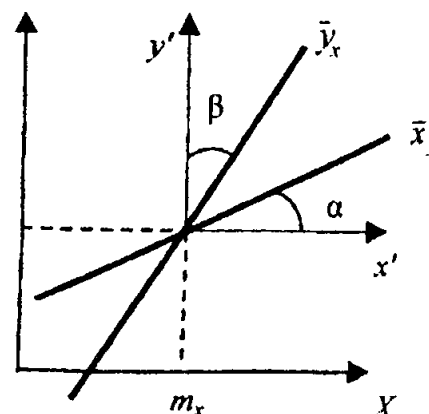
Величины  $\frac{\mu_{xy}}{\sigma_x^2} = \rho_{yx}$  и  $\frac{\mu_{xy}}{\sigma_y^2} = \rho_{xy}$  называются *коэффициентами регрессии*. Если найден центр распределения  $(m_x, m_y)$  и все результаты измерений заменены их отклонениями от средних значений  $x' = x - m_x$

$y' = y - m_x$  (рис. 3), то уравнения регрессии принимают вид  $\bar{y}'_x = \frac{\mu_{x'y'}}{\sigma_{x'}^2} x'$ ,

$$\bar{x}'_y = \frac{\mu_{x'y'}}{\sigma_{y'}^2} y',$$

Таким образом, прямые регрессии проходят через центр распределения, и коэффициенты регрессии определяют их направления. В общем случае прямые регрессии не совпадают.

Если корреляционная зависимость перейдет в линейную функциональную, то обе прямые регрессии должны совпадать ( $\operatorname{tg}\alpha \cdot \operatorname{tg}\beta = 1$ ), так как



$\alpha + \beta = \pi/2$ . При отсутствии в среднем связи между двумя величинами углы  $\alpha$  и  $\beta$  близки к нулю и в пределе ( $\operatorname{tg}\alpha \cdot \operatorname{tg}\beta = 0$ ). Коэффициент корреляции

Рис. 3. Прямые регрессии

$$r_{xy} = \sqrt{\operatorname{tg}\alpha \cdot \operatorname{tg}\beta} = \frac{\mu_{x'y'}}{\sigma_{x'} \cdot \sigma_{y'}}$$

Если результаты измерений не заменять их отклонениями от средних, то

$$r_{xy} = \frac{\mu_{xy}}{\sigma_x \cdot \sigma_y}$$

Числовые характеристики для дискретных значений величин:

$$\tilde{\mu}_{xy} = \sum x_i y_i / (n-1) - \bar{x} \cdot \bar{y} \frac{n}{n-1};$$

$$\tilde{\sigma}_x^2 = \sum_{i=1}^n x_i^2 / (n-1) - \bar{x} \frac{n}{n-1} = S_x^2;$$

$$\tilde{\sigma}_y^2 = \sum_{i=1}^n y_i^2 / (n-1) - \bar{y} \frac{n}{n-1} = S_y^2;$$

Эмпирическое значение  $\tilde{r}_{xy} = \frac{\tilde{\mu}_{xy}}{S_x S_y}$ .

Закон распределения выборочных значений  $\tilde{r}_{xy}$  из нормальной генеральной совокупности довольно сложен и приближается к нормальному распределению только при  $n > 50$ , но при значениях  $\tilde{r}_{xy}$  не близких к 1.

Среднее квадратическое отклонение выборочного коэффициента корреляции можно определить по формуле  $\tilde{\sigma}_{xy} \approx (1 - \tilde{r}_{xy}^2) / \sqrt{n}$ .

Для интервальной оценки коэффициента корреляции при  $n < 50$  используют критерий Фишера  $\tilde{z} = \frac{1}{2} \ln \frac{1 + \tilde{r}_{xy}}{1 - \tilde{r}_{xy}}$ , распределение которого близко к нормальному закону с  $\sigma_z = 1/\sqrt{n-3}$ . Доверительный интервал для  $r_{xy}$  можно определить по табл. П6.

**Пример 16.** Построить поле корреляции, определить и построить линейные уравнения регрессии, определить интервальную оценку коэффициента корреляции по результатам измерений двух случайных величин  $X$  и  $Y$ :

$X$	2,21	2,09	0,03	0,61	0,75	2,18	1,87	1,27	1,12	-0,85
$Y$	1,19	0,77	-0,63	-0,46	1,31	3,03	2,30	2,11	-0,31	0,52

*Решение.* Определим числовые характеристики случайных величин:

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i = 1,13; \bar{y} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n y_i = 0,98; S_x^2 = 1,03; S_y^2 = 1,55; \tilde{\mu}_{xy} = 0,74.$$

Эмпирические уравнения регрессии следующие:

$$\bar{y}_x - \bar{y} = \frac{\tilde{\mu}_{xy}}{S_x^2} (X - \bar{x}); \bar{y}_x = 0,17 + 0,72X;$$

$$\bar{x}_y - \bar{x} = \frac{\tilde{\mu}_{xy}}{S_y^2} (Y - \bar{y}); \bar{x}_y = 0,66 + 0,48Y;$$

Эмпирический коэффициент корреляции  $\tilde{r}_{xy} = \frac{\tilde{\mu}_{xy}}{S_x S_y} = \frac{0,74}{1,01 \cdot 1,24} = 0,58.$

Среднее квадратическое отклонение  $\sigma_z = 1/\sqrt{n-3} = 1/\sqrt{10-3} = 0,38.$

Критерий Фишера  $\tilde{z} = 0,66$ . Доверительный интервал для нормального закона распределения  $\Delta = \pm t_p \sigma_z$ , где  $t_p$  определяют в зависимости от принятой доверительной вероятности по таблице Лапласа.

Задаваясь вероятностью  $P = 0,90$ , определим  $t_p = 1,65$ , тогда  $\Delta = 1,65 \cdot 0,38 = 0,63$ . Таким образом, с вероятностью  $P = 0,90$  величина  $z$  может принимать значения  $\tilde{z} - \Delta \leq z \leq \tilde{z} + \Delta$ , т.е.  $0,03 \leq z \leq 1,29$ . По крайним значениям  $z$  в табл. П6 находим левую и правую границы доверительного интервала коэффициента корреляции  $+0,03 \leq r_{xy} \leq +0,86$ .

Из полученной интервальной оценки  $r_{xy}$  видно, что при малой выборке точность определения коэффициента корреляции невысока.

#### Задание 4

Построить поле корреляции, определить и построить линейные уравнения регрессии. Определить коэффициент корреляции и его

интервальную оценку при заданной вероятности  $P$  для результатов измерений двух случайных величин  $X$  и  $Y$ , представленных в табл. 11.

Таблица 11

**Исходные данные к заданию 4**

№ вар	Вероятность $P$	Результаты измерений										
		$X$	$Y$	$X$	$Y$	$X$	$Y$	$X$	$Y$	$X$	$Y$	$X$
1	0,68	$X$	0,75	2,57	1,24	2,37	1,45	1,16	-0,31	-0,38	2,49	2,69
		$Y$	1,78	0,14	1,54	0,42	2,16	0,36	0,28	1,69	1,92	1,34
2	0,87	$X$	1,13	3,39	4,62	2,43	2,38	0,94	0,42	1,82	0,89	1,54
		$Y$	2,78	4,30	3,71	3,66	1,89	1,24	0,88	1,84	2,63	3,04
3	0,90	$X$	0,75	1,78	0,92	1,83	0,93	-0,13	0,34	-0,31	0,28	2,80
		$Y$	0,82	1,87	0,88	1,89	0,58	1,16	0,36	1,09	2,06	1,57
4	0,68	$X$	0,43	0,14	1,12	-1,35	-0,85	0,58	0,52	1,90	-0,48	1,10
		$Y$	0,91	2,11	-0,37	-0,31	1,45	-0,73	0,96	0,16	0,01	1,04
5	0,87	$X$	0,24	1,75	2,33	1,48	1,87	0,67	3,13	1,62	2,49	2,74
		$Y$	0,78	1,49	0,46	3,02	1,55	2,46	2,72	1,69	1,98	2,13
6	0,90	$X$	-0,60	1,02	0,19	0,01	1,05	2,18	2,57	3,03	0,15	1,44
		$Y$	-0,11	0,99	0,75	2,03	1,31	1,78	2,34	0,92	0,41	1,27
7	0,95	$X$	0,75	0,32	1,78	2,34	0,92	0,41	1,83	2,37	0,03	0,42
		$Y$	1,12	0,82	1,50	1,87	1,24	0,88	1,54	1,89	1,25	0,58
8	0,87	$X$	2,13	2,04	3,39	4,30	3,17	2,43	3,66	3,06	0,94	1,24
		$Y$	1,13	2,58	3,89	4,62	3,71	3,10	2,38	1,89	0,16	0,42
9	0,90	$X$	0,43	0,91	1,22	1,12	-0,37	-1,35	-0,31	0,41	0,58	-0,73
		$Y$	-0,27	0,14	2,11	0,30	-0,90	-1,73	-0,85	1,45	-0,15	0,52
10	0,95	$X$	-0,18	1,90	0,16	0,73	1,10	1,04	-0,42	1,75	1,49	1,30
		$Y$	0,96	0,95	-0,48	0,01	2,02	0,24	0,78	2,55	2,33	0,46
11	0,87	$X$	1,03	-0,43	0,03	0,62	0,72	-0,63	-0,11	1,95	0,19	0,76
		$Y$	0,24	0,77	-0,59	1,62	-0,03	0,61	1,02	0,99	-0,46	0,01
12	0,68	$X$	1,11	1,05	1,31	2,91	2,57	2,34	1,87	0,15	0,41	2,30
		$Y$	2,03	0,25	2,18	1,78	1,49	3,03	0,92	1,24	1,44	1,27
13	0,87	$X$	1,18	-0,31	0,09	2,09	0,28	0,81	1,15	2,80	2,49	0,57
		$Y$	0,36	0,82	1,18	1,09	-0,38	0,06	2,06	1,69	1,43	1,57
14	0,90	$X$	2,40	1,92	1,59	-0,05	0,28	2,21	0,37	0,87	1,19	1,10
		$Y$	3,08	2,68	0,70	1,08	1,34	1,20	-0,31	0,11	2,09	2,01
15	0,95	$X$	0,75	1,12	-0,36	1,78	1,50	3,03	0,92	1,24	-0,28	1,83
		$Y$	0,01	0,32	0,82	2,57	2,34	1,87	0,14	0,41	0,88	2,62
16	0,87	$X$	1,54	3,05	0,93	1,25	1,45	-0,13	0,21	2,16	0,34	0,84
		$Y$	2,37	1,89	0,16	0,42	0,58	1,00	1,28	1,16	-0,34	0,09
17	0,90	$X$	0,91	1,57	-0,47	1,10	2,21	2,57	1,15	1,70	1,21	0,94
		$Y$	2,56	0,09	0,04	1,38	1,82	2,06	2,72	0,17	-0,17	1,82
18	0,95	$X$	1,82	3,67	2,00	2,46	1,10	-0,73	-0,14	-0,33	-0,19	-0,13
		$Y$	3,18	3,09	1,69	2,09	-0,24	-1,47	0,27	0,43	0,51	-1,07
19	0,87	$X$	-1,41	0,58	0,06	1,64	0,66	1,71	2,54	2,75	1,50	3,94
		$Y$	-0,60	0,74	0,68	1,45	0,79	1,79	2,05	2,48	2,96	2,98
20	0,68	$X$	1,91	-0,29	1,44	1,07	1,93	3,73	2,03	1,10	2,18	0,96
		$Y$	0,32	0,44	-0,02	1,06	3,24	3,13	1,99	1,36	1,82	1,28

21	0,87	X	0,43	1,12	-0,31	-0,73	0,16	1,04	1,49	3,02	2,46	1,69
		Y	2,11	-1,73	-0,15	0,95	2,02	2,55	2,32	1,65	0,72	3,35
22	0,90	X	1,99	0,36	2,18	1,82	0,26	0,52	-0,64	-0,08	-1,03	-1,67
		Y	1,10	1,36	2,86	0,96	1,28	-0,12	0,56	-0,60	-1,38	-1,90
23	0,95	X	-2,10	-1,06	-0,37	-1,22	-0,47	0,32	2,16	2,09	2,04	0,40
		Y	0,65	0,20	-0,48	0,08	-0,93	1,33	1,24	1,18	1,14	-0,21
24	0,68	X	0,91	2,56	0,76	-0,47	0,04	0,37	2,21	1,82	3,17	1,15
		Y	1,82	1,57	0,09	0,69	1,10	1,38	2,87	2,57	2,06	2,01
25	0,92	X	0,80	2,50	1,25	2,31	1,40	1,10	-0,31	-0,42	2,43	2,65
		Y	1,85	0,10	1,62	0,38	2,12	0,30	0,29	1,65	1,85	1,30

## 6. ПРАКТИЧЕСКИЕ РАБОТЫ

### Практическая работа № 1

#### Изучение основных терминов и определений метрологии

##### Цель работы

Изучение основных понятий и определений метрологии (согласно РМГ 29-99).

##### Введение

Постановлением Государственного комитета Российской Федерации по стандартизации и метрологии от 17 мая 2000 г. N 139-ст межгосударственные рекомендации РМГ 29-99 введены в действие непосредственно в качестве Рекомендаций по метрологии Российской Федерации с 1 января 2001 г. взамен МИ 2247-93 и ГОСТ 16263-70. Термины, установленные настоящим документом, рекомендуется применять во всех видах документации, научно-технической, учебной и справочной литературе по метрологии, входящих в сферу работ по стандартизации и (или) использующих результаты этих работ.

##### Теоретические положения

**Метрология** – наука об измерениях, методах и средствах обеспечения их единства и способах достижения требуемой точности.

В метрологии выделяют основные разделы.

**Теоретическая метрология** – раздел метрологии, предметом которого является разработка фундаментальных основ метрологии.

**Законодательная метрология** – раздел метрологии, предметом которого является установление обязательных технических и юридических требований по применению единиц физических величин, эталонов, методов и средств измерений, направленных на обеспечение единства и необходимости точности измерений в интересах общества.

**Практическая (прикладная) метрология** – раздел метрологии, предметом которого являются вопросы практического применения

разработок теоретической метрологии и положений законодательной метрологии.

### **Физические величины**

**Физическая величина** – одно из свойств физического объекта (физической системы, явления или процесса), общее в качественном отношении для многих физических объектов, но в количественном отношении индивидуальное для каждого из них.

**Размер физической величины** – количественная определенность физической величины, присущая конкретному материальному объекту, системе, явлению или процессу.

**Значение физической величины** – выражение размера физической величины в виде некоторого числа принятых для нее единиц.

**Числовое значение физической величины** – отвлеченное число, входящее в значение величины.

**Истинное значение физической величины** – значение физической величины, которое идеальным образом характеризует в качественном и количественном отношении соответствующую физическую величину. Истинное значение физической величины может быть получено только в результате бесконечного процесса измерений с бесконечным совершенствованием методов и средств измерений.

**Действительное значение физической величины** – значение физической величины, полученное экспериментальным путем и настолько близкое к истинному значению, что в поставленной измерительной задаче может быть использовано вместо него.

**Система физических величин** – совокупность физических величин, образованная в соответствии с принятыми принципами, когда одни величины принимают за независимые, а другие определяют как функции независимых величин.

**Основная физическая величина** – физическая величина, входящая в систему величин и условно принятая в качестве независимой от других величин этой системы.

**Производная физическая величина** – физическая величина, входящая в систему величин и определяемая через основные величины этой системы.

**Размерность физической величины** – выражение в форме степенного одночлена, составленного из произведений символов основных физических величин в различных степенях и отражающего связь данной физической величины с физическими величинами, принятыми в данной системе величин за основные с коэффициентом пропорциональности, равным 1.

**Показатель размерности физической величины** – показатель степени, в которую возведена размерность основной физической величины, входящая в размерность производной физической величины.

**Размерная физическая величина** – физическая величина, в размерности которой хотя бы одна из основных физических величин возведена в степень, не равную нулю.

**Безразмерная физическая величина** – физическая величина, в размерность которой основные физические величины входят в степени, равной нулю.

**Когерентная единица физической величины** – производная единица физической величины, связанная с другими единицами системы единиц уравнением, в котором числовой коэффициент принят равным 1.

### ***Виды измерений***

**Измерение** – совокупность операций по применению технического средства, хранящего единицу физической величины, обеспечивающих нахождение соотношения (в явном или неявном виде) измеряемой величины с ее единицей и получение значения этой величины.

**Равноточные измерения** – ряд измерений какой-либо величины, выполненных одинаковыми по точности средствами измерений в одних и тех же условиях с одинаковой тщательностью.

**Неравноточные измерения** – ряд измерений какой-либо величины, выполненных различающимися по точности средствами измерений и (или) в разных условиях.

**Однократное измерение** – измерение, выполненное один раз.

**Многократное измерение** – измерение физической величины одного и того же размера, результат которого получен из нескольких следующих друг за другом измерений, т.е. состоящее из ряда однократных измерений.

**Статическое измерение** – измерение физической величины, принимаемой в соответствии с конкретной измерительной задачей за неизменную на протяжении времени измерения.

**Динамическое измерение** – измерение изменяющейся по размеру физической величины.

**Абсолютное измерение** – измерение, основанное на прямых измерениях одной или нескольких основных величин и (или) использовании значений физических констант.

**Относительное измерение** – измерение отношения величины к одноименной величине, играющей роль единицы, или измерение изменения величины по отношению к одноименной величине, принимаемой за исходную.

**Прямое измерение** – проводимые одновременно измерения двух или нескольких неоднородных величин для определения зависимости между ними.

**Косвенные измерения** – измерения, при которых значение физической величины находят на основании функциональной зависимости

между этой величиной и другими величинами, полученными в результате прямых измерений. Например, определение площади, объема, диаметра большого вала, цистерны (вначале рулеткой определяют длину окружности, а затем по зависимости  $l = \pi \cdot d$  определяют  $d = l/\pi$ ).

**Совокупные измерения** – проводимые одновременно измерения нескольких одноименных величин, при которых искомые значения величин определяют путем решения системы уравнений, получаемых при измерениях этих величин в различных сочетаниях.

**Совместные измерения** – проводимые одновременно измерения двух или нескольких неоднородных величин для определения зависимости между ними.

### **Основные характеристики измерений**

**Принцип измерений** – физическое явление или эффект, положенное в основу измерений (измерение температуры с использованием термоэлектрического эффекта).

**Метод измерений** – прием или совокупность приемов сравнения измеряемой физической величины с ее единицей в соответствии с реализованным принципом измерений. Метод измерений обычно обусловлен устройством средств измерений.

**Погрешность измерения** – отклонение результата измерения от истинного (действительного) значения измеряемой величины. Погрешность измерений вызывается несовершенством методов и средств измерений, непостоянством условий наблюдения, недостаточным опытом экспериментатора и особенностями его органов чувств.

**Точность результата измерений** – одна из характеристик качества измерения, отражающая близость к нулю погрешности результата измерения. Считают, что чем меньше погрешность измерения, тем больше его точность.

**Прецизионность** – степень близости друг к другу независимых результатов измерений, полученных в конкретных регламентированных условиях. Независимыми результатами измерений считаются результаты, полученные способом, на который не оказывает влияние никакой предшествующий результат, полученный при испытаниях того же самого объекта.

**Сходимость результатов измерений** – близость друг к другу результатов измерений одной и той же величины, выполненных повторно одними и теми же средствами, одним и тем же методом в одинаковых условиях и с одинаковой тщательностью. Сходимость результатов измерений может быть выражена количественно через характеристики их рассеяния.

**Воспроизводимость результатов измерений** – близость результатов измерений одной и той же величины, полученных в разных

местах, разными методами, разными средствами, разными операторами, в разное время, но приведенных к одним и тем же условиям измерений (температуре, давлению, влажности и др.).

### **Методы измерений**

**Метод непосредственной оценки** – метод измерений, при котором значение величины определяют непосредственно по показывающему средству измерений.

**Метод сравнения с мерой** – метод измерений, в котором измеряемую величину сравнивают с величиной, воспроизводимой мерой. Например, измерение массы на рычажных весах с уравниванием гирями (мерами массы с известным значением).

**Нулевой метод измерений** – метод сравнения с мерой, в котором результирующий эффект воздействия измеряемой величины и меры на прибор сравнения доводят до нуля. Например, измерение электрического сопротивления мостом с полным его уравниванием.

**Метод измерений замещением** – метод сравнения с мерой, в котором измеряемую величину замещают мерой с известным значением величины. Например, взвешивание с поочередным помещением измеряемой массы и гирь на одну и ту же чашку весов (метод Борда).

**Метод измерений дополнением** – метод сравнения с мерой, в котором значение измеряемой величины дополняется мерой этой же величины с таким расчетом, чтобы на прибор сравнения воздействовала их сумма, равная заранее заданному значению.

**Дифференциальный метод измерений** – метод измерений, при котором измеряемая величина сравнивается с однородной величиной, имеющей известное значение, незначительно отличающееся от значения измеряемой величины, и при котором измеряется разность между этими двумя величинами.

**Контактный метод измерений** – метод измерений, основанный на том, что чувствительный элемент прибора приводится в контакт с объектом измерения.

### **Контрольные вопросы**

1. Что такое метрология?
2. Какие разделы включает метрология?
3. Понятие физической величины. Ее качественная и количественная характеристики.
4. Истинное и действительное значение физической величины.
5. Единица физической величины.
6. Виды измерений.
7. Основные характеристики измерений.

8. Принцип и метод измерений.
9. Что является основой метода непосредственной оценки?
10. Что является основой метода сравнения с мерой?

## Практическая работа № 2

### Метрологические характеристики средств измерений

#### Цель работы

Изучение классификации средств измерительной техники и основных метрологических характеристик средств измерений (согласно РМГ 29-99).

#### Теоретические положения

##### **Средства измерительной техники**

**Средство измерений** – техническое средство, предназначенное для измерений, имеющее нормированные метрологические характеристики, воспроизводящее и (или) хранящее единицу физической величины, размер которой принимают неизменным (в пределах установленной погрешности) в течение известного интервала времени.

**Стандартизованное средство измерений** – средство измерений, изготовленное и применяемое в соответствии с требованиями государственного или отраслевого стандарта.

**Нестандартизованное средство измерений** – средство измерений, стандартизация требований к которому признана нецелесообразной.

**Мера физической величины** – средство измерений, предназначенное для воспроизведения и (или) хранения физической величины одного или нескольких заданных размеров, значения которых выражены в установленных единицах и известны с необходимой точностью.

**Однозначная мера** – мера, воспроизводящая физическую величину одного размера (например, гиря 1 кг).

**Многозначная мера** – мера, воспроизводящая физическую величину разных размеров (например, штриховая мера длины).

**Магазин мер** – набор мер, конструктивно объединенных в единое устройство, в котором имеются приспособления для их соединения в различных комбинациях (например, магазин электрических сопротивлений).

**Набор мер** – комплект мер разного размера одной и той же физической величины, предназначенных для применения на практике как в отдельности, так и в различных сочетаниях (например, набор концевых мер длины).

**Измерительный прибор** – средство измерений, предназначенное для получения значений измеряемой физической величины в установленном диапазоне.

**Измерительная установка** – совокупность функционально объединенных мер, измерительных приборов, измерительных преобразователей и других устройств, предназначенная для измерений одной или нескольких физических величин и расположенная в одном месте.

**Измерительная система** – совокупность функционально объединенных мер, измерительных приборов, измерительных преобразователей, ЭВМ и других технических средств, размещенных в разных точках контролируемого объекта и т.п. с целью измерений одной или нескольких физических величин, свойственных этому объекту, и выработки измерительных сигналов в разных целях.

**Стандартный образец** – образец вещества (материала) с установленными в результате метрологической аттестации значениями одной или более величин, характеризующими свойство или состав этого вещества (материала).

Различают *стандартные образцы свойства* и *стандартные образцы состава*. Стандартные образцы свойств веществ и материалов по метрологическому назначению выполняют роль однозначных мер. Они могут применяться в качестве рабочих эталонов (с присвоением разряда по государственной поверочной схеме).

**Измерительный преобразователь** – техническое средство с нормативными метрологическими характеристиками, служащее для преобразования измеряемой величины в другую величину или измерительный сигнал, удобный для обработки, хранения, дальнейших преобразований, индикации или передачи.

**Средство сравнения** – техническое средство или специально создаваемая среда, посредством которых возможно выполнять сравнения друг с другом мер однородных величин или показания измерительных приборов.

**Компаратор** – средство сравнения, предназначенное для сличения мер однородных величин.

**Измерительные принадлежности** – вспомогательные средства, служащие для обеспечения необходимых условий для выполнения измерений с требуемой точностью.

### ***Метрологические характеристики средств измерений***

**Метрологическая характеристика средства измерений** – характеристика одного из свойств средства измерений, влияющая на результат измерений и на его погрешность.

**Длина деления шкалы** – расстояние между осями (или центрами) двух соседних отметок шкалы, измеренное вдоль воображаемой линии, проходящей через середины самых коротких отметок шкалы.

**Цена деления шкалы** – разность значений величины, соответствующих двум соседним отметкам шкалы средства измерений.

**Длина шкалы** – наибольшее значение измеряемой величины, которое может быть отсчитано по шкале средства измерений.

**Начальное значение шкалы** – наименьшее значение измеряемой величины, которое может быть отсчитано по шкале средства измерений.

**Конечное значение шкалы** – длина линии, проходящей через центры всех самых коротких отметок шкалы средства измерений и ограниченной начальной и конечной отметками.

**Диапазон показаний средства измерений** – область значений шкалы прибора, ограниченная начальным и конечным значениями шкалы.

**Диапазон измерений средства измерений** – область значений величины, в пределах которой нормированы допускаемые пределы погрешности средства измерений.

**Чувствительность средства измерений** – свойство средства измерений, определяемое отношением изменения выходного сигнала этого средства к вызывающему его изменению измеряемой величины.

**Порог чувствительности средства измерений** – характеристика средства измерений в виде наименьшего значения изменения физической величины, начиная с которого может осуществляться ее измерение данным средством.

**Разрешение средства измерений** – характеристика средства измерений, выражаемая наименьшим интервалом времени между отдельными импульсами или наименьшим расстоянием между объектами, которые фиксируются прибором раздельно.

**Градуировочная характеристика средства измерения** – зависимость между значениями величин на входе и выходе средства измерений, полученная экспериментально.

**Зона нечувствительности средства измерений** – диапазон значений измеряемой величины, в пределах которого ее изменения не вызывают выходного сигнала средства измерений.

### **Контрольные вопросы**

1. Что такое средство измерения?
2. Классификация мер физических величин.
3. Какое устройство применяется для сравнения мер однородных величин?
4. Измерительная установка и измерительная система.
5. Метрологическая характеристика средства измерения.

6. Какие характеристики средств измерений являются метрологическими?

7. Длина и цена деления шкалы.

8. Диапазон измерений и диапазон показаний средств измерений.

9. Чувствительность и порог чувствительности.

10. Разрешение средства измерения.

## **Практическая работа № 3**

### **Эталоны единиц физических величин**

#### **Цель работы**

Изучение классификации эталонов единиц физических величин (согласно РМГ 29-99).

#### **Теоретические положения**

Одной из основных задач метрологии является обеспечение единства измерений. Решение этой задачи невозможно без создания эталонной базы измерений. Первые попытки решения задачи обеспечения единства измерений были предприняты более 200 лет назад во Франции при создании метрической системы. В 1875 году рядом государств был подписан метрический международный договор, который ввел в обращение термин «эталон» (etalon – в переводе с французского: образец, мерило, идеальный или узаконенный образец).

**Эталон единицы физической величины** – средство измерений (или комплекс средств измерений), предназначенное для воспроизведения и (или) хранения единицы и передачи ее размера нижестоящим по поверочной схеме средствам измерений и утвержденное в качестве эталона в установленном порядке.

Конструкция эталона, его свойства и способ воспроизведения единицы определяются природой данной физической величины и уровнем развития измерительной техники в данной области измерений.

Эталон должен обладать, по крайней мере, тремя тесно связанными друг с другом существенными признаками (по М.Ф. Маликову) – неизменностью, воспроизводимостью и сличаемостью.

**Первичный эталон** – эталон, обеспечивающий воспроизведение единицы с наивысшей в стране (по сравнению с другими эталонами той же единицы) точностью.

В случае, когда одним первичным эталоном технически нецелесообразно обслуживать весь диапазон измеряемой величины, создают несколько первичных эталонов, охватывающих части этого диапазона с таким расчетом, чтобы был охвачен весь диапазон. В этом случае проводят согласование размеров единиц, воспроизводимых «соседними» первичными эталонами.

**Вторичный эталон** – эталон, получающий размер единицы непосредственно от первичного эталона данной единицы. Среди вторичных эталонов различают: эталоны сравнения, эталоны свидетели и эталоны копии.

**Эталон сравнения** – эталон, применяемый для сличений эталонов, которые по тем или иным причинам не могут быть непосредственно сличены друг с другом.

**Эталон свидетель** предназначен для поверки сохранности и неизменности государственного эталона и замены его в случае порчи или утраты.

**Эталон копия** используется для передачи информации о размере единицы рабочим эталонам.

**Исходный эталон** – эталон, обладающий наивысшими метрологическими свойствами (в данной лаборатории, организации, на предприятии), от которого передают размер единицы подчиненным эталонам и имеющимся средствам измерений.

Исходным эталоном в стране служит первичный эталон, исходным эталоном для республики, региона, министерства (ведомства) или предприятия может быть вторичный или рабочий эталон. Вторичный или рабочий эталон, являющийся исходным эталоном для министерства (ведомства), нередко называют **ведомственным эталоном**.

**Рабочий эталон** – эталон, предназначенный для передачи размера единицы рабочим средствам измерений.

Термин **рабочий эталон** заменил собой термин **образцовое средство измерений (ОСИ)**, что сделано в целях упорядочения терминологии и приближения ее к международной.

При необходимости рабочие эталоны подразделяют на разряды (1-й, 2-й, ..., *n*-й), как это было принято для ОСИ. В этом случае передачу размера единицы осуществляют через цепочку соподчиненных по разрядам рабочих эталонов. При этом от последнего рабочего эталона в этой цепочке размер единицы передают рабочему средству измерений.

**Государственный первичный эталон** – первичный эталон, признанный решением уполномоченного на то государственного органа в качестве исходного на территории государства.

**Национальный эталон** – эталон, признанный официальным решением служить в качестве исходного для страны. Данное определение соответствует VIM-93 и совпадает с определением понятия **государственный эталон**. Это свидетельствует о том, что термины государственный эталон и национальный эталон отражают одно и то же понятие.

**Международный эталон** – эталон, принятый по международному соглашению в качестве международной основы для согласования с ним

размеров единиц, воспроизводимых и хранимых национальными эталонами.

**Одиночный эталон** – эталон, в составе которого имеется одно средство измерений (мера, измерительный прибор, эталонная установка) для воспроизведения и (или) хранения единицы.

**Групповой эталон** – эталон, в состав которого входит совокупность средств измерений одного типа, номинального значения или диапазона измерений, применяемых совместно для повышения точности воспроизведения единицы или ее хранения.

**Эталонный набор** – эталон, состоящий из совокупности средств измерений, позволяющих воспроизводить и (или) хранить единицу в диапазоне, представляющем объединение диапазонов указанных средств. Эталонные наборы создаются в тех случаях, когда необходимо охватить определенную область значений физической величины.

**Поверочная схема** – нормативный документ, устанавливающий соподчинение средств измерений, участвующих в передаче размера единицы от эталона рабочим средствам измерений (с указанием методов и погрешности при передаче). Различают государственные и локальные поверочные схемы.

### **Контрольные вопросы**

1. Что называют эталоном единицы физической величины?
2. Какие свойства являются для эталона наиболее важными?
3. К каким эталонам относят эталоны-свидетели и эталоны-копии?
4. Какой эталон обладает наивысшими метрологическими свойствами на отдельно взятом предприятии?
5. Какой эталон предназначен для передачи размера единицы физической величины рабочему средству измерений?
6. Что является государственным первичным эталоном?
7. Эталон-свидетель.
8. Чем различаются национальный и международный эталоны?
9. Для чего создаются эталонные наборы?
10. Что называют поверочной схемой?

## **Практическая работа № 4**

### **Обеспечение единства измерений в Российской Федерации**

#### **Цель работы**

Ознакомление с правовыми основами обеспечения единства измерений в Российской Федерации, изложенными в Федеральном законе «Об обеспечении единства измерений».

#### **Теоретические положения**

Федеральный закон «Об обеспечении единства измерений» устанавливает правовые основы обеспечения единства измерений в РФ, регулирует отношения государственных органов управления Российской Федерации с юридическими и физическими лицами по вопросам изготовления, выпуска, эксплуатации, ремонта, продажи и импорта средств измерений и направлен на защиту прав и законных интересов граждан, установленного правопорядка и экономики РФ от отрицательных последствий недостоверных результатов измерений.

**Единство измерений** – состояние измерений, при котором их результаты выражены в допущенных к применению в Российской Федерации единицах величин, а показатели точности измерений не выходят за установленные границы.

**Метрологические требования** – требования к влияющим на результат и показатели точности измерений характеристикам (параметрам) измерений, эталонов единиц величин, стандартных образцов, средств измерений, а также к условиям, при которых эти характеристики (параметры) должны быть обеспечены.

**Метрологическая экспертиза** – анализ и оценка правильности установления и соблюдения метрологических требований применительно к объекту, подвергаемому экспертизе.

**Метрологическая служба** – организующие и (или) выполняющие работы по обеспечению единства измерений и (или) оказывающие услуги по обеспечению единства измерений структурное подразделение центрального аппарата федерального органа исполнительной власти и (или) его территориального органа, юридическое лицо или структурное подразделение юридического лица либо объединения юридических лиц, работники юридического лица, индивидуальный предприниматель.

**Государственный метрологический надзор** – контрольная деятельность в сфере государственного регулирования обеспечения единства измерений, осуществляемая уполномоченными федеральными органами исполнительной власти и заключающаяся в систематической проверке соблюдения установленных законодательством Российской Федерации обязательных требований, а также в применении установленных законодательством Российской Федерации мер за нарушения, выявленные во время надзорных действий.

#### **Порядок выполнения работы**

1. Привести определения следующих понятий:
  - ✓ метрологическая экспертиза;
  - ✓ метрологическая служба;
  - ✓ государственный метрологический надзор.
2. Дать краткое изложение:

✓ форм государственного регулирования в области обеспечения единства измерений;

✓ основных задач государственных региональных центров метрологии.

3. Ответить на контрольные вопросы (с обязательным указанием статьи и пункта Федерального закона):

✓ Чьей собственностью являются государственные эталоны единиц величин и кто их утверждает?

✓ Кто определяет порядок разработки и аттестации методики выполнения измерений?

✓ В каком порядке проводится метрологическая экспертиза?

✓ Имеют ли право должностные лица, осуществляющие метрологический надзор, посещать объекты (территории и помещения) юридических лиц и индивидуальных предпринимателей?

✓ На какие виды деятельности распространяется государственный метрологический надзор?

✓ Какая структура утверждает порядок осуществления государственного метрологического надзора?

## **Практическая работа № 5**

### **Поверка средств измерений на территории Российской Федерации**

#### **Цель работы**

Ознакомление с правовыми основами утверждения, поверки, калибровки средств измерений в Российской Федерации, изложенными в Федеральном законе «Об обеспечении единства измерений».

#### **Теоретические положения**

Достижение единообразия средств измерений обеспечивается их калибровкой на предприятиях-изготовителях, а при эксплуатации – периодической поверкой, в процессе которой определяется соответствие метрологических характеристик, в первую очередь погрешностей средств измерений установленным в документации нормам.

**Средство измерений** – техническое устройство (или комплекс устройств), предназначенное для измерений и имеющее нормированные метрологические характеристики. По конструктивному исполнению средства измерений подразделяют на меры, измерительные преобразователи, приборы, установки и измерительные системы.

**Утверждение типа средств измерений** – документально оформленное в установленном порядке решение о признании соответствия типа средств измерений метрологическим и техническим требованиям (характеристикам) на основании результатов испытаний средств измерений в целях утверждения типа.

**Сертификат об утверждении типа средств измерений** – документ, выдаваемый уполномоченным на то государственным органом, удостоверяющий, что данный тип средств измерений утвержден в порядке, предусмотренном действующим законодательством, и соответствует установленным требованиям.

**Поверка средства измерений** – совокупность операций, выполняемых в целях подтверждения соответствия средств измерений метрологическим требованиям.

Если средство измерений по результатам поверки признано годным к применению, то на него или в техническую документацию наносится оттиск знака поверки или выдается свидетельство о поверке (прил. 3).

Средства измерений, не предназначенные для применения в сфере государственного регулирования обеспечения единства измерений, могут в добровольном порядке подвергаться калибровке

**Калибровка средства измерений** – совокупность операций, выполняемых в целях определения действительных значений метрологических характеристик средств измерений.

### **Порядок выполнения работы**

1. Привести определения следующих понятий:
  - ✓ средство измерений;
  - ✓ утверждение типа средств измерений;
  - ✓ поверка средства измерений;
  - ✓ калибровка средства измерений;
  - ✓ стандартный образец.
2. Дать краткое изложение:
  - ✓ требований к средствам измерений;
  - ✓ работ и услуг, при выполнении которых, необходима аккредитация в области обеспечения единства измерений;
  - ✓ государственных метрологических служб.
3. Ответить на контрольные вопросы (с обязательным указанием статьи и пункта Федерального закона):
  - ✓ Каким образом удостоверяются результаты поверки средств измерений?
  - ✓ Могут ли быть допущены к применению на территории РФ внесистемные единицы величин?
  - ✓ Какие показатели устанавливаются при утверждении типа средств измерений?
  - ✓ Все средства измерений, изготавливаемые на территории РФ, подлежат поверке?
  - ✓ Какие технические средства используются при калибровке средств измерений?

✓ Каким образом регистрируется утвержденный тип средства измерения?

✓ Разрешен ли ввоз на территорию РФ средств измерений из других государств?

## Практическая работа № 6

### Основные положения по стандартизации в Российской Федерации

#### Цель работы

Ознакомление с основными положениями стандартизации, изложенными в Федеральном законе РФ «О техническом регулировании».

#### Теоретические положения

**Стандартизация** – деятельность по установлению правил и характеристик в целях их добровольного многократного использования, направленная на достижение упорядоченности в сферах производства и обращения продукции и повышение конкурентоспособности продукции, работ или услуг.

Универсальным методом стандартизации является *упорядочение объектов стандартизации*, связанное с сокращением многообразия.

**Целью стандартизации** является достижение оптимальной степени упорядочения в определенной области, посредством установления положений для всеобщего и многократного использования в отношении реально существующих и потенциальных задач.

Согласно Федеральному закону «О техническом регулировании» стандартизация осуществляется в целях:

– повышения уровня безопасности жизни и здоровья граждан, имущества физических и юридических лиц, государственного и муниципального имущества повышения уровня экологической безопасности, безопасности жизни и здоровья животных и растений;

– обеспечения конкурентоспособности и качества продукции (работ, услуг), единства измерений, рационального использования ресурсов, взаимозаменяемости технических средств, технической и информационной совместимости;

– содействия соблюдению требований технических регламентов;

– создания систем классификации и кодирования технико-экономической и социальной информации, систем каталогизации продукции (работ, услуг), содействия проведению работ по унификации.

**Объектами стандартизации** являются: продукция, работы, процессы и услуги, подлежащие или подвергшиеся стандартизации.

**Субъекты стандартизации** – это межгосударственные, национальные, отраслевые органы и службы стандартизации.

**Средствами стандартизации** являются все разновидности нормативной документации (стандарты, руководящие документы, методические указания, рекомендации, инструкции, правила, технические условия, классификаторы).

**Принципы стандартизации** отражают основные закономерности процесса разработки стандартов, обосновывают ее необходимость в управлении народным хозяйством, определяют условия эффективной реализации и тенденции развития. Различают организационные и научные принципы стандартизации.

Стандартизация осуществляется в соответствии с **принципами**:

- ✓ добровольного применения стандартов;
- ✓ максимального учета при разработке стандартов законных интересов заинтересованных лиц;
- ✓ применения международного стандарта как основы разработки национального стандарта, за исключением случаев, если такое применение признано невозможным вследствие несоответствия требований международных стандартов климатическим и географическим особенностям Российской Федерации, техническим и (или) технологическим особенностям или по иным основаниям либо Российская Федерация в соответствии с установленными процедурами выступала против принятия международного стандарта или отдельного его положения;
- ✓ недопустимости создания препятствий производству и обращению продукции, выполнению работ и оказанию услуг в большей степени, чем это минимально необходимо для выполнения целей стандартизации;
- ✓ недопустимости установления таких стандартов, которые противоречат техническим регламентам;
- ✓ обеспечения условий для единообразного применения стандартов.

### **Порядок выполнения работы**

1. Привести определения следующих понятий:
  - ✓ стандарт;
  - ✓ международный стандарт;
  - ✓ национальный стандарт;
  - ✓ свод правил.
2. Ответить на контрольные вопросы (с обязательным указанием статьи и пункта Федерального закона).
  - ✓ Какая структура утверждает национальный орган по стандартизации?
  - ✓ Может ли гражданин другого государства являться разработчиком национального стандарта?

- ✓ Кто входит в состав технических комитетов и возможно ли посещение заседаний средствами массовой информации?
- ✓ При обнаружении противоречий между требованиями стандарта и технического регламента, какой документ подлежит упразднению?
- ✓ Технический регламент определяет тип упаковки продукции?
- ✓ Какая структура утверждает национальные стандарты РФ?
- ✓ Допускает ли закон издание технического регламента без его публичного обсуждения?
- ✓ Стандартизация предполагает обеспечение рационального использования ресурсов?
- ✓ При разработке национальных стандартов предполагается ли учет требований международных нормативных документов?
- ✓ Каким образом разрабатываются, утверждаются и учитываются стандарты организаций? Проводится ли экспертиза проектов стандартов организаций?

## **Практическая работа № 7**

### **Подтверждение соответствия на территории Российской Федерации**

#### **Цель работы**

Ознакомление с основными положениями подтверждения соответствия, изложенными в Федеральном законе «О техническом регулировании».

#### **Теоретические положения**

**Подтверждение соответствия** – документальное удостоверение соответствия продукции или иных объектов, процессов проектирования (включая изыскания), производства, строительства, монтажа, наладки, эксплуатации, хранения, перевозки, реализации и утилизации, выполнения работ или оказания услуг требованиям технических регламентов, положениям стандартов, сводов правил или условиям договоров.

**Форма подтверждения соответствия** – определенный порядок документального удостоверения соответствия продукции или иных объектов, процессов проектирования (включая изыскания), производства, строительства, монтажа, наладки, эксплуатации, хранения, перевозки, реализации и утилизации, выполнения работ или оказания услуг требованиям технических регламентов, положениям стандартов или условиям договоров.

**Схема подтверждения соответствия** – перечень действий участников подтверждения соответствия, результаты которых

рассматриваются ими в качестве доказательств соответствия продукции и иных объектов установленным требованиям.

**Сертификат соответствия** – документ, удостоверяющий соответствие объекта требованиям технических регламентов, положениям стандартов, сводов правил или условиям договоров (прил. 1).

**Знак обращения на рынке** – обозначение, служащее для информирования приобретателей о соответствии выпускаемой в обращение продукции требованиям технических регламентов (прил. 2).

**Знак соответствия** – обозначение, служащее для информирования приобретателей о соответствии объекта сертификации требованиям системы добровольной сертификации или национальному.

### **Порядок выполнения работы**

1. Привести определения следующих понятий:
  - ✓ заявитель;
  - ✓ декларирование соответствия;
  - ✓ сертификация;
  - ✓ сертификат соответствия.
2. Дать краткое изложение:
  - ✓ целей подтверждения соответствия;
  - ✓ принципов подтверждения соответствия;
  - ✓ форм подтверждения соответствия.
3. Ответить на контрольные вопросы (с обязательным указанием статьи и пункта Федерального закона):
  - ✓ Что содержится в тексте технического регламента?
  - ✓ Кто проводит экспертизу проектов технических регламентов?
  - ✓ В равной ли мере применяется подтверждение соответствия для товаров с разным местом производства?
    - ✓ Каким образом маркируется продукция, прошедшая добровольное подтверждение соответствия?
    - ✓ По каким схемам осуществляется декларирование соответствия?
    - ✓ На основе какого документа устанавливаются форма и схемы обязательного подтверждения соответствия?
    - ✓ Что входит в состав декларации о соответствии?
    - ✓ Что входит в состав сертификата соответствия?
    - ✓ Каким образом маркируется продукция, прошедшая обязательное подтверждение соответствия?
      - ✓ Порядок принятия и утверждения технического регламента.

## Практическая работа № 8

### Сертификация продукции и услуг

Цель работы:

углубить теоретические знания о целях, принципах и формах подтверждения соответствия.

Теоретические положения

#### 1. Ключевые определения.

**Качество** - совокупность характеристик объекта, относящихся к его способности удовлетворить установленные и предполагаемые потребности.

**Сертификация** - форма осуществляемого органом по сертификации подтверждения соответствия объектов требованиям технических регламентов, положениям стандартов, сводов правил или условиям договоров (процедура, посредством которой третья сторона дает письменную гарантию, что продукция, процесс или услуга соответствуют заданным требованиям).

**Подтверждение соответствия** - документальное удостоверение соответствия продукции или иных объектов, процессов проектирования (включая изыскания), производства, строительства, монтажа, наладки, эксплуатации, хранения, перевозки, реализации и утилизации, выполнения работ или оказания услуг требованиям технических регламентов, положениям стандартов, сводов правил или условиям договоров.

**Сертификат соответствия** - документ, удостоверяющий соответствие объекта требованиям технических регламентов, положениям стандартов, сводов правил или условиям договоров.

**Система сертификации** - совокупность правил выполнения работ по сертификации, ее участников и правил функционирования системы сертификации в целом.

#### 2. Цели подтверждения соответствия.

Подтверждение соответствия осуществляется в целях:

- удостоверения соответствия продукции, процессов проектирования (включая изыскания), производства, строительства, монтажа, наладки, эксплуатации, хранения, перевозки, реализации и утилизации, работ, услуг или иных объектов техническим регламентам, стандартам, сводам правил, условиям договоров;

- содействия приобретателям, в том числе потребителям, в компетентном выборе продукции, работ, услуг;

- повышения конкурентоспособности продукции, работ, услуг на российском и международном рынках;

- создания условий для обеспечения свободного перемещения товаров по территории РФ, а также для осуществления международного экономического, научно-технического сотрудничества и международной торговли.

### **3. Принципы подтверждения соответствия.**

Подтверждение соответствия осуществляется на основе принципов:

- доступности информации о порядке осуществления подтверждения соответствия заинтересованным лицам;
- недопустимости применения обязательного подтверждения соответствия к объектам, в отношении которых не установлены требования технических регламентов;
- установления перечня форм и схем обязательного подтверждения соответствия в отношении определенных видов продукции в соответствующем техническом регламенте;
- уменьшения сроков осуществления обязательного подтверждения соответствия и затрат заявителя;
- недопустимости принуждения к осуществлению добровольного подтверждения соответствия, в том числе в определенной системе добровольной сертификации;
- защиты имущественных интересов заявителей, соблюдения коммерческой тайны в отношении сведений, полученных при осуществлении подтверждения соответствия;
- недопустимости подмены обязательного подтверждения соответствия добровольной сертификацией.

Подтверждение соответствия разрабатывается и применяется равным образом и в равной мере независимо от страны и (или) места происхождения продукции, осуществления процессов проектирования (включая изыскания), производства, строительства, монтажа, наладки, эксплуатации, хранения, перевозки, реализации и утилизации, выполнения работ и оказания услуг, видов или особенностей сделок и (или) лиц, которые являются изготовителями, исполнителями, продавцами, приобретателями.

### **4. Формы подтверждения соответствия.**

Подтверждение соответствия на территории РФ может носить добровольный или обязательный характер.

Добровольное подтверждение соответствия осуществляется в форме добровольной сертификации.

Обязательное подтверждение соответствия осуществляется в формах:

- принятия декларации о соответствии (далее - декларирование соответствия);
- обязательной сертификации.

Порядок применения форм обязательного подтверждения соответствия устанавливается Федеральным законом «О техническом регулировании».

#### **4.1. Добровольное подтверждение соответствия.**

Добровольное подтверждение соответствия осуществляется по инициативе заявителя на условиях договора между заявителем и органом по сертификации. Добровольное подтверждение соответствия может осуществляться для установления соответствия национальным стандартам, предварительным национальным стандартам, стандартам организаций, сводам правил, системам добровольной сертификации, условиям договоров.

Объектами добровольного подтверждения соответствия являются продукция, процессы производства, эксплуатации, хранения, перевозки, реализации и утилизации, работы и услуги, а также иные объекты, в отношении которых стандартами, системами добровольной сертификации и договорами устанавливаются требования.

Орган по сертификации:

- осуществляет подтверждение соответствия объектов добровольного подтверждения соответствия;
- выдает сертификаты соответствия на объекты, прошедшие добровольную сертификацию;
- предоставляет заявителям право на применение знака соответствия, если применение знака соответствия предусмотрено соответствующей системой добровольной сертификации;
- приостанавливает или прекращает действие выданных им сертификатов соответствия.

Система добровольной сертификации может быть создана юридическим лицом и (или) индивидуальным предпринимателем или несколькими юридическими лицами и (или) индивидуальными предпринимателями.

Лицо или лица, создавшие систему добровольной сертификации, устанавливают перечень объектов, подлежащих сертификации, и их характеристик, на соответствие которым осуществляется добровольная сертификация, правила выполнения предусмотренных данной системой добровольной сертификации работ и порядок их оплаты, определяют участников данной системы добровольной сертификации. Системой добровольной сертификации может предусматриваться применение знака соответствия.

Система добровольной сертификации может быть зарегистрирована федеральным органом исполнительной власти по техническому регулированию.

Для регистрации системы добровольной сертификации в федеральный орган исполнительной власти по техническому регулированию представляются:

- свидетельство о государственной регистрации юридического лица и (или) индивидуального предпринимателя. В случае если указанный документ не представлен лицом или лицами, создавшими систему добровольной сертификации, по собственной инициативе, сведения, содержащиеся в нем, представляются уполномоченным федеральным органом исполнительной власти по межведомственному запросу федерального органа исполнительной власти по техническому регулированию;

- правила функционирования системы добровольной сертификации;

- изображение знака соответствия, применяемое в данной системе добровольной сертификации, если применение знака соответствия предусмотрено, и порядок применения знака соответствия;

- документ об оплате регистрации системы добровольной сертификации.

Регистрация системы добровольной сертификации осуществляется в течение пяти дней с момента представления документов в федеральный орган исполнительной власти по техническому регулированию. Порядок регистрации системы добровольной сертификации и размер платы за регистрацию устанавливаются Правительством РФ. Плата за регистрацию системы добровольной сертификации подлежит зачислению в федеральный бюджет.

Отказ в регистрации системы добровольной сертификации допускается только в случае непредставления документов, отсутствия сведений о государственной регистрации юридического лица и (или) индивидуального предпринимателя или совпадения наименования системы и (или) изображения знака соответствия с наименованием системы и (или) изображением знака соответствия зарегистрированной ранее системы добровольной сертификации. Уведомление об отказе в регистрации системы добровольной сертификации направляется заявителю в течение трех дней со дня принятия решения об отказе в регистрации этой системы с указанием оснований для отказа.

Отказ в регистрации системы добровольной сертификации может быть обжалован в судебном порядке.

Федеральный орган исполнительной власти по техническому регулированию ведет единый реестр зарегистрированных систем добровольной сертификации, содержащий сведения о юридических лицах и (или) об индивидуальных предпринимателях, создавших системы добровольной сертификации, о правилах функционирования систем

добровольной сертификации, знаках соответствия и порядке их применения. Федеральный орган исполнительной власти по техническому регулированию должен обеспечить доступность сведений, содержащихся в едином реестре зарегистрированных систем добровольной сертификации, заинтересованным лицам.

Порядок ведения единого реестра зарегистрированных систем добровольной сертификации и порядок предоставления сведений, содержащихся в этом реестре, устанавливаются федеральным органом исполнительной власти по техническому регулированию.

#### **4.2. Обязательное подтверждение соответствия.**

Обязательное подтверждение соответствия проводится только в случаях, установленных соответствующим техническим регламентом, и исключительно на соответствие требованиям технического регламента.

Объектом обязательного подтверждения соответствия может быть только продукция, выпускаемая в обращение на территории РФ.

Форма и схемы обязательного подтверждения соответствия могут устанавливаться только техническим регламентом с учетом степени риска недостижения целей технических регламентов.

Декларация о соответствии и сертификат соответствия имеют равную юридическую силу и действуют на всей территории РФ в отношении каждой единицы продукции, выпускаемой в обращение на территории РФ во время действия декларации о соответствии или сертификата соответствия, в течение срока годности или срока службы продукции, установленных в соответствии с законодательством РФ.

Работы по обязательному подтверждению соответствия подлежат оплате на основании договора с заявителем. Стоимость работ по обязательному подтверждению соответствия продукции определяется независимо от страны и (или) места ее происхождения, а также лиц, которые являются заявителями.

#### **4.3. Декларирование соответствия.**

Декларирование соответствия осуществляется по одной из следующих схем:

- принятие декларации о соответствии на основании собственных доказательств;
- принятие декларации о соответствии на основании собственных доказательств, доказательств, полученных с участием органа по сертификации и (или) аккредитованной испытательной лаборатории (центра) (далее - третья сторона).

При декларировании соответствия заявителем может быть зарегистрированное в соответствии с законодательством РФ на ее территории юридическое лицо или физическое лицо в качестве индивидуального предпринимателя, либо являющиеся изготовителем или продавцом, либо выполняющие функции иностранного изготовителя на

основании договора с ним в части обеспечения соответствия поставляемой продукции требованиям технических регламентов и в части ответственности за несоответствие поставляемой продукции требованиям технических регламентов (лицо, выполняющее функции иностранного изготовителя).

Круг заявителей устанавливается соответствующим техническим регламентом.

Схема декларирования соответствия с участием третьей стороны устанавливается в техническом регламенте в случае, если отсутствие третьей стороны приводит к недостижению целей подтверждения соответствия.

При декларировании соответствия заявитель на основании собственных доказательств самостоятельно формирует доказательственные материалы в целях подтверждения соответствия продукции требованиям технического регламента. В качестве доказательственных материалов используются техническая документация, результаты собственных исследований (испытаний) и измерений и (или) другие документы, послужившие основанием для подтверждения соответствия продукции требованиям технического регламента.

Техническая документация должна содержать:

- основные параметры и характеристики продукции, а также ее описание в целях оценки соответствия продукции требованиям технического регламента;

- описание мер по обеспечению безопасности продукции на одной или нескольких стадиях проектирования (включая изыскания), производства, строительства, монтажа, наладки, эксплуатации, хранения, перевозки, реализации и утилизации;

- список документов в области стандартизации, применяемых полностью или частично и включенных в перечень документов в области стандартизации, в результате применения которых на добровольной основе обеспечивается соблюдение требований технического регламента, и, если не применялись указанные документы в области стандартизации, описание решений, выбранных для реализации требований технического регламента. В случае, если документы в области стандартизации, включенные в перечень документов в области стандартизации, в результате применения которых на добровольной основе обеспечивается соблюдение требований технического регламента, применялись частично, в технической документации указываются применяемые разделы указанных документов.

Техническая документация также может содержать общее описание продукции, конструкторскую и технологическую документацию на продукцию, схемы компонентов, узлов, цепей, описания и пояснения,

необходимые для понимания указанных схем, а также результаты выполненных проектных расчетов, проведенного контроля, иные документы, послужившие мотивированным основанием для подтверждения соответствия продукции требованиям технического регламента.

Техническая документация, используемая в качестве доказательственного материала, также может содержать анализ риска применения (использования) продукции. Состав доказательственных материалов определяется соответствующим техническим регламентом, состав указанной технической документации может уточняться соответствующим техническим регламентом.

При декларировании соответствия на основании собственных доказательств и полученных с участием третьей стороны доказательств заявитель по своему выбору в дополнение к собственным доказательствам:

- включает в доказательственные материалы протоколы исследований (испытаний) и измерений, проведенных в аккредитованной испытательной лаборатории (центре);

- предоставляет сертификат системы менеджмента качества, в отношении которого предусматривается контроль (надзор) органа по сертификации, выдавшего данный сертификат, за объектом сертификации.

При декларировании соответствия заявитель, не применяющий документов в области стандартизации, включенных в перечень документов в области стандартизации, в результате применения которых на добровольной основе обеспечивается соблюдение требований технического регламента, может обратиться в орган по сертификации за заключением о соответствии его продукции требованиям технического регламента и на основании указанного заключения органа по сертификации, подготовленного по результатам проведенных исследований (испытаний), измерений типового образца выпускаемой продукции, технической документации на данную продукцию, принять декларацию о соответствии в установленном порядке.

Декларация о соответствии оформляется на русском языке и должна содержать:

- наименование и местонахождение заявителя;
- наименование и местонахождение изготовителя;
- информацию об объекте подтверждения соответствия, позволяющую идентифицировать этот объект;
- наименование технического регламента, на соответствие требованиям которого подтверждается продукция;
- указание на схему декларирования соответствия;
- заявление заявителя о безопасности продукции при ее использовании в соответствии с целевым назначением и принятии

заявителем мер по обеспечению соответствия продукции требованиям технических регламентов;

- сведения о проведенных исследованиях (испытаниях) и измерениях, сертификате системы менеджмента качества, а также документах, послуживших основанием для подтверждения соответствия продукции требованиям технических регламентов;

- срок действия декларации о соответствии;

- иные предусмотренные соответствующими техническими регламентами сведения.

Срок действия декларации о соответствии определяется техническим регламентом.

Форма декларации о соответствии утверждается федеральным органом исполнительной власти по техническому регулированию.

Оформленная заявителем декларация о соответствии подлежит регистрации в электронной форме в едином реестре деклараций о соответствии в уведомительном порядке в течение трех дней со дня ее принятия.

Ведение единого реестра деклараций о соответствии осуществляет федеральный орган исполнительной власти, уполномоченный Правительством РФ.

Порядок формирования и ведения единого реестра деклараций о соответствии и порядок регистрации деклараций о соответствии устанавливаются федеральным органом исполнительной власти, уполномоченным Правительством РФ.

Декларация о соответствии и доказательственные материалы хранятся у заявителя в течение десяти лет со дня окончания срока действия такой декларации в случае, если иной срок их хранения не установлен техническим регламентом. Заявитель обязан представить декларацию о соответствии и доказательственные материалы по требованию федерального органа исполнительной власти, уполномоченного на осуществление государственного контроля (надзора) за соблюдением требований технических регламентов.

#### **4.4. Обязательная сертификация.**

Обязательная сертификация осуществляется органом по сертификации на основании договора с заявителем. Схемы сертификации, применяемые для сертификации определенных видов продукции, устанавливаются соответствующим техническим регламентом.

Соответствие продукции требованиям технических регламентов подтверждается сертификатом соответствия, выдаваемым заявителю органом по сертификации.

Сертификат соответствия включает в себя:

- наименование и местонахождение заявителя;

- наименование и местонахождение изготовителя продукции, прошедшей сертификацию;
- наименование и местонахождение органа по сертификации, выдавшего сертификат соответствия;
- информацию об объекте сертификации, позволяющую идентифицировать этот объект;
- наименование технического регламента, на соответствие требованиям которого проводилась сертификация;
- информацию о проведенных исследованиях (испытаниях) и измерениях;
- информацию о документах, представленных заявителем в орган по сертификации в качестве доказательств соответствия продукции требованиям технических регламентов;
- срок действия сертификата соответствия;
- информацию об использовании или о неиспользовании заявителем национальных стандартов, включенных в перечень документов в области стандартизации, в результате применения которых на добровольной основе обеспечивается соблюдение требований технического регламента.

Сертификат соответствия выдается на серийно выпускаемую продукцию, на отдельно поставляемую партию продукции или на единичный экземпляр продукции.

Срок действия сертификата соответствия определяется соответствующим техническим регламентом и исчисляется со дня внесения сведений о сертификате соответствия в единый реестр сертификатов соответствия.

В случае, если в отношении впервые выпускаемой в обращение продукции отсутствуют или не могут быть применены документы в области стандартизации, в результате применения которых на добровольной основе обеспечивается соблюдение требований технического регламента, и такая продукция относится к виду, типу продукции, подлежащей обязательной сертификации, изготовитель (лицо, выполняющее функции иностранного изготовителя) вправе осуществить декларирование ее соответствия на основании собственных доказательств. При декларировании соответствия такой продукции изготовитель (лицо, выполняющее функции иностранного изготовителя) указывает в декларации о соответствии, в сопроводительной документации и при маркировке такой продукции сведения о том, что обязательная сертификация такой продукции не осуществлялась.

В случае, если в отношении впервые выпускаемой в обращение продукции отсутствуют или не могут быть применены документы в области стандартизации, в результате применения которых на добровольной основе обеспечивается соблюдение требований технического регламента,

и такая продукция относится к виду, типу продукции, в отношении которой предусмотрено декларирование соответствия на основании доказательств, полученных с участием третьей стороны, изготовитель (лицо, выполняющее функции иностранного изготовителя) вправе осуществить декларирование ее соответствия на основании собственных доказательств. При декларировании соответствия такой продукции изготовитель (лицо, выполняющее функции иностранного изготовителя) указывает в декларации о соответствии, в сопроводительной документации и при маркировке такой продукции сведения об отсутствии у него доказательств, полученных с участием третьей стороны.

Особенности маркировки впервые выпускаемой в обращение продукции, в том числе знаком обращения на рынке, порядок информирования приобретателя, в том числе потребителя, о возможном вреде такой продукции и о факторах, от которых он зависит, определяются Правительством РФ.

#### **4.4.1. Организация обязательной сертификации.**

Обязательная сертификация осуществляется органом по сертификации, аккредитованным в соответствии с законодательством РФ.

Орган по сертификации:

- привлекает на договорной основе для проведения исследований (испытаний) и измерений аккредитованные испытательные лаборатории (центры);
- осуществляет контроль за объектами сертификации, если такой контроль предусмотрен соответствующей схемой обязательной сертификации и договором;
- ведет реестр выданных им сертификатов соответствия;
- информирует соответствующие органы государственного контроля (надзора) за соблюдением требований технических регламентов о продукции, поступившей на сертификацию, но не прошедшей ее;
- выдает сертификаты соответствия, приостанавливает или прекращает действие выданных им сертификатов соответствия и информирует об этом федеральный орган исполнительной власти, организующий формирование и ведение единого реестра сертификатов соответствия, и органы государственного контроля (надзора) за соблюдением требований технических регламентов;
- обеспечивает предоставление заявителям информации о порядке проведения обязательной сертификации;
- определяет стоимость работ по сертификации, выполняемых в соответствии с договором с заявителем;
- в порядке, установленном соответствующим техническим регламентом, принимает решение о продлении срока действия

сертификата соответствия, в том числе по результатам проведенного контроля за сертифицированными объектами;

- осуществляет отбор образцов для целей сертификации и представляет их для проведения исследований (испытаний) и измерений в аккредитованные испытательные лаборатории (центры) или поручает осуществить такой отбор аккредитованным испытательным лабораториям (центрам);

- подготавливает заключение, на основании которого заявитель вправе принять декларацию о соответствии по результатам проведенных исследований (испытаний), измерений типовых образцов выпускаемой в обращение продукции и технической документации на данную продукцию.

Порядок формирования и ведения единого реестра сертификатов соответствия, порядок предоставления содержащихся в указанном реестре сведений и оплаты за их предоставление, а также федеральный орган исполнительной власти, организующий формирование и ведение указанного реестра, определяется Правительством РФ.

Порядок выдачи бланков сертификатов соответствия устанавливается Правительством РФ.

Аккредитованные испытательные лаборатории (центры) проводят исследования (испытания) и измерения продукции в пределах своей области аккредитации на условиях договоров с органами по сертификации. Органы по сертификации не вправе предоставлять аккредитованным испытательным лабораториям (центрам) сведения о заявителе.

Аккредитованная испытательная лаборатория (центр) оформляет результаты исследований (испытаний) и измерений соответствующими протоколами, на основании которых орган по сертификации принимает решение о выдаче или об отказе в выдаче сертификата соответствия. Аккредитованная испытательная лаборатория (центр) обязана обеспечить достоверность результатов исследований (испытаний) и измерений.

Задания.

Задание 1.

Назвать отличительные признаки двух форм обязательного подтверждения соответствия. Отчет представить в виде таблицы (табл. 1).

Таблица 1

Отличительные признаки форм обязательного подтверждения соответствия

Форма подтверждения	Субъект, осуществляющий процедуру	Объекты, в отношении которых предусмотрена процедура	Результат процедуры	Срок действия	Контроль соответствия объектов установленным требованиям

**Задание 2.**

Назвать отличительные признаки обязательной и добровольной сертификации. Отчет представить в виде таблицы (табл. 2).

Таблица 2

Отличительные признаки обязательной и добровольной сертификации

Характер сертификации	Основные цели проведения	Основание для проведения	Объекты	Сущность оценки соответствия	Нормативная база

**Задание 3.**

Записать последовательность процедур сертификации продукции с указанием исполнителя соответствующей процедуры. Отчет представить в виде таблицы (табл. 3).

Таблица 3

Последовательность процедур сертификации продукции

№ п/п	Процедура	Исполнитель
1		
2		

**Практическая работа № 9****Штриховое кодирование информации о товаре****Теоретическая часть**

Штриховое кодирование стало впервые применяться в США для идентификации железнодорожных вагонов и, вследствие этого в промышленности и торговле появился универсальный товарный код (URC), состоящий из 12 знаков.

В 1977 году по примеру американской была принята европейская система кодирования товаров (EAN - European Article Numbering) как разновидность кода URC для Европы, отличаясь только тринадцатым знаком. В европейской системе кодирования для товаров из США тринадцатым знаком является ноль.

В настоящее время практически 100% продукции, выпускаемой в развитых странах мира для потребительского рынка, имеет на упаковке штриховой код EAN, определяющий производителя и товар.

Штриховой код - это чередование тёмных и светлых полос разной ширины. Носителями закодированной информации являются относительные ширины тёмных и светлых полос и их сочетания. Тёмные полосы называют штрихами, а светлые - пробелами. Ширина штрихов и пробелов всегда кратна модулю, равному по ширине самому узкому из них. Другие штрихи и пробелы составляют два или три модуля, то есть две или три толщины самого узкого штриха или пробела. Узкий штрих соответствует единице, а пробел - нулю в двоичной системе исчисления.

Штриховые коды делятся на товарные и технологические. Первые используются для идентификации производителей товаров и самих товаров, ими производимых. Вторые, с гораздо большим числом знаков - для передачи более подробной информации о производстве товара от производителя к другому производителю или оптовому поставщику для автоматизированного сбора информации и её последующей компьютерной обработки. Вторые могут располагаться на этикетке рядом с первыми, отличаясь шириной кода и количеством цифр.

Штриховые коды считываются специальными сканерами, которые, воспринимая штрихи, пробелы и их сочетания, декодируют штриховой код в цифровой и осуществляют ввод информации в ЭВМ.

Штриховые коды EAN бывают двух видов: 13-разрядные и 8-разрядные. Код товара включает код страны, в которой предприятие-изготовитель зарегистрировало этот товар, код предприятия-производителя товара, код самого товара и контрольное число. Коды стран бывают двухразрядные, например, код Великобритании - 50, и трёхразрядные (код Тайваня - 471). При этом, ряду стран выделены диапазоны кодов, например, России 460-469. Если код страны трёхразрядный, то код товара будет четырёхразрядным вместо пятиразрядного.

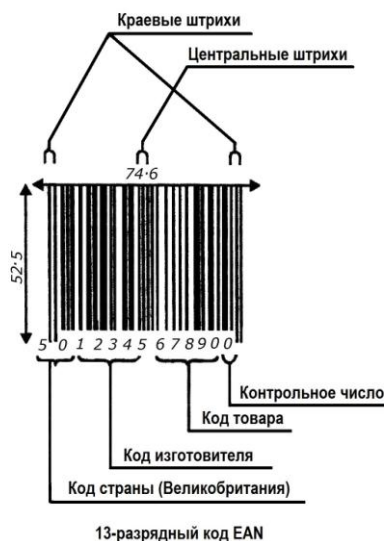


Рис. 4. Схема кода EAN-13

Примеры штриховых кодов представлены на рисунках 4 и 5, примеры кодов некоторых стран - в таблице 12.

После кода страны следуют пять цифр кода изготовителя, который в РФ присваивает конкретному предприятию изготовителю товара национальный орган страны Внешнеэкономическая ассоциация автоматической идентификации ЮНИСКАН.

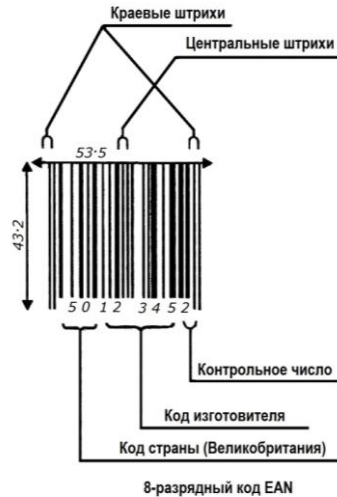


Рис. 5. Схема кода EAN-8

Последующие пять цифр кода присваивает само предприятие-изготовитель товара. Они отражают какие-либо признаки продукции.

Последний 13-й разряд представляет собой контрольное число для проверки правильности считывания штрихового кода.

Если товар имеет небольшие размеры и площади, то из-за недостатка места для размещения штрихового кода на этикетке товара применяют 8-ми разрядный код EAN-8, который включает код страны, код изготовителя и контрольное число.

Числовые значения штрихового кода применяется для читки кода покупателем. Сканер его не считывает.

Контроль кода по величине контрольного числа необходим для проверки его правильности сканером по штрихам и покупателем по цифрам.

#### **Методика расчёта правильности штрихового кода**

- 1) Суммируют цифры, стоящие в коде на чётных местах.
- 2) Полученный результат умножают на три (множитель 3 принят для кодов EAN-13 и EAN-8).
- 3) Суммируют цифры, стоящие в коде на нечётных местах (без последнего контрольного числа).
- 4) Суммируют результаты двух последних действий.

5) Полученный результат суммируют с цифрой- контрольным числом. При правильном написании штрихового кода должно получиться число, кратное 10 (десяти).

### **Задание**

По этикетке любого товара (кроме сигарет, алкогольных напитков, тетрадей и ручек), имеющей 13-значный штриховой код, определить следующие характеристики товара.

1. Наименование и модель товара (по надписи на этикетке).
2. Характеристики товара (по надписи на этикетке).
3. Страну, зарегистрированную на штриховом коде (по цифрам штрихового кода) сравнить с надписью на этикетке.
4. Предприятие-изготовитель (по надписи на этикетке) и соответствующие ему цифры кода (по цифрам штрихового кода).
5. Рассчитать правильность штрихового кода (по цифрам штрихового кода).

### **6. Пример выполнения задания**

- 6.1. Наименование и модель товара - Высокоскоростной флэш-накопитель USB 2.0.
- 6.2. Ёмкость памяти - 8 гигабайт.
- 6.3. Цифры штрихового кода товара - 4 712389 895660.
- 6.4. Страна-производитель - Тайвань (471).
- 6.5. Компания- производитель - «Арасег».
- 6.7. Код товара - 9566.
- 6.8. Контрольное число - 0.

Расчёт правильности штрихового кода: сумма чётных цифр:  $7+2+8+8+5+6=36$ ; умножение на три:  $36*3=108$ ;

сумма нечётных цифр:  $4+1+3+9+9+6=32$ ;

сумма пункта умножения на три и нечётных цифр:  $108+32=140$

сумма последнего пункта и контрольного числа:  $140+0=140$ .

**Вывод:** 140 кратно 10, так как  $140/10 = 14$ , то есть делится без остатка. Следовательно, цифры штрихового кода прочитаны правильно.

Примеры кодов EAN некоторых стран мира приведены в таблице 12

Таблица 12

00-09 - США	529 - Кипр	73 - Швеция
30-37 - Франция	535 - Мальта	76 - Швейцария
290 - Китай	539 - Ирландия	789 - Бразилия
380 - Болгария	54 - Бельгия и Люксембург	80-83 - Италия
383 - Словения	560 - Португалия	84 - Испания

385 - Хорватия	569 - Исландия	859 - Чехия, Словакия
400-440 - Германия	57 - Дания	860 - Сербия, Хорватия
460-469 - Россия и СНГ	590 - Польша	869 - Турция
4605 - Латвия	599 - Венгрия	87 - Нидерланды
471 - Тайвань	600-601 - ЮАР	880 - Южная Корея
482 - Украина	619 - Тунис	885 - Таиланд
489 - Гонконг	64 - Финляндия	888 - Сингапур
45, 49 - Япония	690 - Китай	890 - Индия
50 - Великобритания	70 - Норвегия	90-91 Новая Зеландия
520 - Греция	729 - Израиль	955 - Малайзия

## **Список рекомендованной литературы**

### **Нормативно-правовые акты**

1. *Федеральный закон* «О стандартизации в Российской Федерации» от 29 июня 2015 г. № 162-ФЗ.

2. *Федеральный закон* «Об обеспечении единства измерений» от 26 июня 2008 г. № 102-ФЗ (в редакции Федерального закона от 21 июля 2014 г.).

3. *Федеральный закон* РФ «О техническом регулировании» от 27 декабря 2002 г. № 184-ФЗ (с изменениями на 13.07.2015 г.).

### **ГОСТы и другие нормативные документы**

4. ГОСТ 8.401-80. ГСИ. Классы точности средств измерений. Общие требования.

5. ГОСТ 8.417-2002 Государственная система обеспечения единства измерений. Единицы величин.

6. ГОСТ Р 1.0-2012, взамен ГОСТ Р 1.0-2004. Стандартизация в Российской Федерации. Основные положения - Введ. 01.07.2013.

7. ГОСТ Р 1.2-2014, взамен ГОСТ Р 1.2-2004. Стандартизация в Российской Федерации. Стандарты национальные Российской Федерации. Правила разработки, утверждения, обновления и отмены - Введ. 26.11.2014.

8. ГОСТ Р 1.5-2012, взамен ГОСТ Р 1.5-2004. Стандартизация в Российской Федерации. Стандарты национальные. Правила построения, изложения, оформления и обозначения - Введ. 01.07.2013.

9. ГОСТ Р 8.736-2011. Государственная система обеспечения единства измерений. Измерения прямые многократные. Методы обработки результатов измерений. Основные положения – Введ. 01.01.2013.

10. РМГ 29–99. Государственная система обеспечения единства измерений. Метрология. Основные термины и определения [Электрон. ресурс]. – Введены 01 января 2001// Консультант Плюс: Высшая школа. – М., 2009.

11. Рекомендации Р 50.2.038-2004. ГСИ. Измерения прямые однократные. Оценивание погрешностей и неопределенности результата измерения.

### **Основная литература**

12. Архипов А.В., Нефедов В.А. и др. Метрология. Стандартизация. Сертификация. / Под ред. *В.М.Мишина* - Учебник. – М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2009. – 496 с.

13. Крылова Г.Д. Основы стандартизации, сертификации, метрологии: учебник / Г.Д. Крылова. – М.: ЮНИТИ- ДАНА, 2007. – 671 с.

14. Радкевич Я.М. Метрология, стандартизация и сертификация: учебник для вузов / Я.М. Радкевич, А.Г. Схиртладзе, Б.И. Локтионов. – М.: Высшая школа, 2006. – 800 с.

15. Сергеев А.Г. Метрология, стандартизация, сертификация: / А.Г. Сергеев, М.В. Латышев, В.В. Терегеря. – М.: Логос, 2005. – 560 с.

16. Нефедов В.А., Фаюстов А.А. Метрология, стандартизация и сертификация: учебное пособие. – М.: ГУУ, 2014. – 90 с.

### **Дополнительная литература**

17. Бастраков В.М. Метрология: практикум / В.М. Бастраков, Н.А. Забродина. – Йошкар-Ола: Поволжский государственный технологический университет, 2014. – 80 с.

18. Гмурман В.Е. Теория вероятностей и математическая статистика: Учеб. для вузов. - 6-е изд. стер. – М.: Высш. шк., 1999. – 576 с.

19. Димов Ю.В. Метрология, стандартизация и сертификация : учебник для студ. вузов по направлениям подготовки бакалавров, магистров и спец. / Ю. В. Димов – 3-е изд. - СПб. Питер, 2010. – 463 с.

20. Метрология. Стандартизация. Сертификация: Учебник / Мишин В.М. (ред.) – М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2009. – 363 с. – Режим доступа: <http://book.ru/book/901011>

21. Хрусталева З.А. Метрология, стандартизация и сертификация. Практикум: Учебное пособие / З.А. Хрусталева – М.: Кнорус, 2011. – 176 с.

## ПРИЛОЖЕНИЕ 1

## Таблица П 1

Таблица значений функции  $\Phi(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_0^x e^{-z^2/2} dz$ 

x	$\Phi(x)$	x	$\Phi(x)$	x	$\Phi(x)$	x	$\Phi(x)$
0,00	0,0000	0,28	0,1103	0,56	0,2123	0,84	0,2995
0,01	0,0040	0,29	0,1141	0,57	0,2157	0,85	0,3023
0,02	0,0080	0,30	0,1179	0,58	0,2190	0,86	0,3051
0,03	0,0120	0,31	0,1217	0,59	0,2224	0,87	0,3078
0,04	0,0160	0,32	0,1255	0,60	0,2257	0,88	0,3106
0,05	0,0199	0,33	0,1293	0,61	0,2291	0,89	0,3133
0,06	0,0239	0,34	0,1331	0,62	0,2324	0,90	0,3159
0,07	0,0279	0,35	0,1368	0,63	0,2357	0,91	0,3186
0,08	0,0319	0,36	0,1406	0,64	0,2389	0,92	0,3212
0,09	0,0359	0,37	0,1443	0,65	0,2422	0,93	0,3238
0,10	0,0398	0,38	0,1480	0,66	0,2454	0,94	0,3264
0,11	0,0438	0,39	0,1517	0,67	0,2486	0,95	0,3289
0,12	0,0478	0,40	0,1554	0,68	0,2517	0,96	0,3315
0,13	0,0517	0,41	0,1591	0,69	0,2549	0,97	0,3340
0,14	0,0557	0,42	0,1628	0,70	0,2580	0,98	0,3365
0,15	0,0596	0,43	0,1664	0,71	0,2611	0,99	0,3389
0,16	0,0636	0,44	0,1700	0,72	0,2642	1,00	0,3413
0,17	0,0675	0,45	0,1736	0,73	0,2673	1,01	0,3438
0,18	0,0714	0,46	0,1772	0,74	0,2703	1,02	0,3461
0,19	0,0753	0,47	0,1808	0,75	0,2734	1,03	0,3485
0,20	0,0793	0,48	0,1844	0,76	0,2764	1,04	0,3508
0,21	0,0832	0,49	0,1879	0,77	0,2794	1,05	0,3531
0,22	0,0871	0,50	0,1915	0,78	0,2823	1,06	0,3554
0,23	0,0910	0,51	0,1950	0,79	0,2852	1,07	0,3577
0,24	0,0948	0,52	0,1985	0,80	0,2881	1,08	0,3599
0,25	0,0987	0,53	0,2019	0,81	0,2910	1,09	0,3621
0,26	0,1026	0,54	0,2054	0,82	0,2939	1,10	0,3643
0,27	0,1064	0,55	0,2088	0,83	0,2967	1,11	0,3665

## Продолжение табл. П 1

$x$	$\Phi(x)$	$x$	$\Phi(x)$	$x$	$\Phi(x)$	$x$	$\Phi(x)$	$x$	$\Phi(x)$
1,12	0,3686	1,42	0,4222	1,71	0,4564	2,00	0,4772	2,58	0,4951
1,13	0,3708	1,43	0,4230	1,72	0,4573	2,02	0,4783	2,60	0,4953
1,14	0,3729	1,44	0,4251	1,73	0,4582	2,04	0,4793	2,62	0,4956
1,15	0,3749	1,45	0,4265	1,74	0,4591	2,06	0,4803	2,64	0,4959
1,16	0,3770	1,46	0,4279	1,75	0,4599	2,08	0,4812	2,66	0,4961
1,18	0,3810	1,47	0,4292	1,76	0,4608	2,10	0,4821	2,68	0,4963
1,19	0,3830	1,48	0,4305	1,77	0,4616	2,12	0,4830	2,70	0,4965
1,20	0,3849	1,49	0,4319	1,78	0,4625	2,14	0,4838	2,72	0,4967
1,21	0,3869	1,50	0,4332	1,79	0,4633	2,16	0,4846	2,74	0,4969
1,22	0,3883	1,51	0,4345	1,80	0,4641	2,18	0,4854	2,76	0,4971
1,23	0,3907	1,52	0,4357	1,81	0,4649	2,20	0,4861	2,78	0,4973
1,24	0,3925	1,53	0,4370	1,82	0,4656	2,22	0,4868	2,80	0,4974
1,25	0,3944	1,54	0,4382	1,83	0,4664	2,24	0,4875	2,82	0,4976
1,26	0,3962	1,55	0,4394	1,84	0,4671	2,26	0,4881	2,84	0,4977
1,27	0,3980	1,56	0,4406	1,85	0,4678	2,28	0,4887	2,86	0,4979
1,28	0,3997	1,57	0,4418	1,86	0,4686	2,30	0,4893	2,88	0,4980
1,29	0,4015	1,58	0,4429	1,87	0,4693	2,32	0,4898	2,90	0,4981
1,30	0,4032	1,59	0,4441	1,88	0,4699	2,34	0,4904	2,92	0,4982
1,31	0,4049	1,60	0,4452	1,89	0,4706	2,36	0,4909	2,94	0,4984
1,32	0,4066	1,61	0,4463	1,90	0,4713	2,38	0,4913	2,96	0,4985
1,33	0,4082	1,62	0,4474	1,91	0,4719	2,40	0,4918	2,98	0,4985
1,34	0,4099	1,63	0,4484	1,92	0,4726	2,42	0,4922	3,00	0,49865
1,35	0,4115	1,64	0,4495	1,93	0,4732	2,44	0,4927	3,20	0,49931
1,36	0,4131	1,65	0,4505	1,94	0,4738	2,46	0,4931	3,40	0,49966
1,37	0,4147	1,66	0,4515	1,95	0,4744	2,48	0,4934	3,60	0,499841
1,38	0,4162	1,67	0,4525	1,96	0,4750	2,50	0,4938	3,80	0,499928
1,39	0,4177	1,68	0,4535	1,97	0,4756	2,52	0,4941	4,00	0,499968
1,40	0,4192	1,69	0,4545	1,98	0,4761	2,54	0,4945	4,50	0,499997
1,41	0,4207	1,70	0,4554	1,99	0,4767	2,56	0,4948	5,00	0,499997

Таблица П 2

Значения  $t_p$  распределения Стьюдента с  $r$  степенями свободы

$$P\{|t| < t_p\} = \int_0^{t_p} S(t, r) \cdot dt$$

Число степеней свободы $r$	Доверительные вероятности $P = 1 - \alpha$						
	<b>0,60</b>	<b>0,70</b>	<b>0,80</b>	<b>0,90</b>	<b>0,95</b>	<b>0,98</b>	<b>0,99</b>
2	1,061	1,386	1,886	2,920	4,303	6,965	9,925
3	0,978	2,250	1,638	2,353	3,182	4,541	5,841
4	0,941	1,190	1,533	2,132	2,776	3,747	4,604
5	0,920	1,156	1,476	2,015	2,571	3,365	4,032
6	0,906	1,134	1,440	1,943	2,447	3,143	3,707
7	0,896	1,119	1,415	1,895	2,365	2,998	3,499
8	0,889	1,108	1,397	1,860	2,306	2,986	3,355
9	0,883	1,100	1,383	1,883	2,262	2,821	3,250
10	0,879	1,093	1,372	1,812	2,228	2,764	3,169
11	0,876	1,088	1,363	1,796	2,201	2,718	3,106
12	0,873	1,083	1,356	1,782	1,179	2,681	3,055
13	0,870	1,079	1,350	1,771	2,160	2,650	3,012
14	0,868	1,076	1,345	1,761	2,145	2,624	2,977
15	0,866	1,074	1,341	1,753	2,131	2,602	2,947
16	0,865	1,071	1,337	1,746	2,120	2,583	2,921
18	0,862	1,067	1,330	1,734	2,101	2,552	2,878
20	0,860	1,064	1,325	1,725	2,086	2,528	2,845
22	0,858	1,061	1,321	1,717	2,074	2,508	2,819
24	0,857	1,059	1,318	1,711	2,064	2,492	2,797
26	0,856	1,058	1,315	1,706	2,056	2,479	2,779
28	0,855	1,056	1,313	1,701	2,048	2,467	2,763
30	0,854	1,055	1,310	1,697	2,042	2,457	2,750
$\infty$	0,8416	1,0360	1,2825	1,6450	1,9696	2,3266	2,5758
	<b>0,40</b>	<b>0,30</b>	<b>0,20</b>	<b>0,10</b>	<b>0,05</b>	<b>0,02</b>	<b>0,01</b>
	Уровень значимости $\alpha$ (двусторонняя критическая область)						

Таблица П 3

Квантили распределения  $\chi^2$  Пирсона, удовлетворяющие условию  
 $P(\chi^2 \leq \chi_{P,k}^2)$

<b>k</b>	<b>P</b>											
	<b>0,01</b>	<b>0,02</b>	<b>0,05</b>	<b>0,10</b>	<b>0,20</b>	<b>0,50</b>	<b>0,80</b>	<b>0,90</b>	<b>0,95</b>	<b>0,98</b>	<b>0,99</b>	<b>0,999</b>
<b>1</b>	0	0,001	0,004	0,016	0,064	0,455	1,642	2,71	3,84	5,41	6,64	10,83
<b>2</b>	0,020	0,040	0,103	0,211	0,446	1,386	3,22	4,60	5,99	7,82	9,21	13,82
<b>3</b>	0,115	0,185	0,352	0,584	1,005	2,37	4,64	6,25	7,82	9,84	11,34	16,27
<b>4</b>	0,297	0,429	0,711	1,064	1,649	3,36	5,99	7,78	9,49	11,67	13,28	18,46
<b>5</b>	0,554	0,752	1,145	1,610	2,34	4,35	7,29	9,24	11,07	13,39	15,09	20,5
<b>6</b>	0,872	1,134	1,635	2,20	3,07	5,35	8,56	10,64	12,59	15,03	16,81	22,5
<b>7</b>	1,239	1,564	2,17	2,83	3,82	6,35	9,80	12,02	14,07	16,62	18,48	24,3
<b>8</b>	1,646	2,03	2,73	3,49	4,59	7,34	11,03	13,36	15,51	18,17	20,1	26,1
<b>9</b>	2,09	2,53	3,32	4,17	5,38	8,34	12,24	14,68	16,92	19,68	21,7	27,9
<b>10</b>	2,56	3,06	3,94	4,86	6,18	9,34	13,44	15,99	18,31	21,2	23,2	29,6
<b>11</b>	3,05	3,61	4,58	5,58	6,99	10,34	14,63	17,28	19,68	22,6	24,7	31,3
<b>12</b>	3,57	4,18	5,23	6,30	7,81	11,34	15,81	18,55	21,00	24,10	26,2	32,9
<b>13</b>	4,11	4,76	5,89	7,04	8,63	12,34	16,98	19,81	22,40	25,5	27,7	34,6
<b>14</b>	4,66	5,37	6,57	7,79	9,47	13,34	18,15	21,10	23,70	26,90	29,10	36,10
<b>15</b>	5,23	5,98	7,25	8,55	10,31	14,34	19,31	22,3	25,0	28,3	30,6	37,7
<b>16</b>	5,81	6,61	7,96	9,31	11,15	15,34	20,5	23,5	26,3	29,6	32,0	39,3
<b>17</b>	6,41	7,26	8,67	10,08	12,0	16,34	21,6	24,8	27,6	31,0	33,4	40,8
<b>18</b>	7,02	7,91	9,39	10,86	12,86	17,34	22,8	26,0	28,9	32,3	34,8	42,3
<b>19</b>	7,63	8,57	10,11	11,65	13,72	18,34	23,9	27,2	30,1	33,7	36,2	43,8
<b>20</b>	8,26	9,24	10,85	12,44	14,58	19,34	25,0	28,4	31,4	35,0	37,6	45,3
<b>22</b>	9,54	10,6	12,34	14,04	16,31	21,34	27,3	30,8	33,9	37,7	40,3	48,3
<b>24</b>	10,86	11,99	13,85	15,66	18,06	23,34	29,6	33,2	36,42	40,30	42,98	51,2
<b>26</b>	12,2	13,41	15,38	17,29	19,82	25,34	31,8	35,6	38,9	42,9	45,6	54,1
<b>28</b>	13,56	14,85	16,93	18,94	21,6	27,34	34,0	37,9	41,3	45,5	48,3	56,9
<b>30</b>	14,95	16,31	18,49	20,6	23,4	29,34	36,2	40,3	43,8	48,0	50,9	59,7
<b>40</b>	22,16		26,51	29,05		39,34		51,81	55,76		63,69	

Таблица П 4

**Значения  $F_{k_1, k_2}$  ( $F$  - распределения Фишера) для различных доверительных вероятностей  $P$**

( $k_1$  – число степеней свободы большей дисперсии,  
 $k_2$  – число степеней свободы меньшей дисперсии)

$k_2$	$P$	$k_1$										
		1	2	3	4	5	10	20	50	100	200	$\infty$
1	0,90	39,9	49,5	53,6	55,8	57,2	60,2	61,7	62,7	63,0	63,2	63,3
	0,95	161	200	216	225	230	242	248	252	253	254	254
2	0,90	8,53	9,00	9,16	9,24	9,29	9,39	9,44	9,47	9,48	9,49	9,49
	0,95	18,5	19,0	19,2	19,2	19,3	19,4	19,4	19,5	19,5	19,5	19,5
3	0,90	5,54	5,46	5,39	5,34	5,31	5,23	5,18	5,15	5,14	5,14	5,13
	0,95	10,1	9,55	9,28	9,18	9,10	8,79	8,66	8,58	8,55	8,54	8,53
4	0,90	4,54	4,32	4,19	4,11	4,05	3,92	3,84	3,80	3,78	3,77	3,76
	0,95	7,71	6,94	6,59	6,39	6,26	5,96	5,80	5,70	5,66	5,65	5,63
5	0,90	4,06	3,78	3,62	3,52	3,45	3,30	3,21	3,15	3,13	3,12	3,10
	0,95	6,61	5,79	5,41	5,19	5,05	4,74	4,56	4,44	4,41	4,39	4,36
6	0,90	3,78	3,46	3,29	3,18	3,11	2,94	2,84	2,77	2,75	2,73	2,72
	0,95	5,99	5,14	4,76	4,53	4,39	4,06	3,87	3,75	3,71	3,69	3,67
7	0,90	3,59	3,26	3,07	2,96	2,88	2,70	2,59	2,52	2,50	2,48	2,47
	0,95	5,59	4,74	4,35	4,12	3,97	3,64	3,44	3,32	3,27	3,25	3,23
8	0,90	3,46	3,11	2,92	2,81	2,73	2,54	2,42	2,35	2,32	2,31	2,39
	0,95	5,32	4,46	4,07	3,84	3,69	3,35	3,15	3,02	2,97	2,95	2,93
10	0,90	3,28	2,92	2,73	2,61	2,52	2,32	2,20	2,12	2,09	2,07	2,06
	0,95	4,96	4,10	3,71	3,48	3,33	2,98	2,77	2,64	2,59	2,56	2,54
12	0,90	3,18	2,81	2,61	2,48	2,39	2,19	2,06	1,97	1,94	1,92	1,90
	0,95	4,75	3,89	3,49	3,26	3,11	2,75	2,54	2,40	2,35	2,32	2,30
16	0,90	3,05	2,67	2,46	2,33	2,24	2,03	1,89	1,79	1,76	1,74	1,72
	0,95	4,49	3,63	3,24	3,01	2,85	2,49	2,28	2,12	2,07	2,02	2,01
20	0,90	2,97	2,59	2,38	2,25	2,16	1,94	1,79	1,69	1,65	1,63	1,61
	0,95	4,35	3,49	3,10	2,87	2,71	2,35	2,12	1,97	1,91	1,88	1,84
24	0,90	2,93	2,54	2,33	2,19	2,10	1,88	1,73	1,62	1,58	1,56	1,53
	0,95	4,26	3,40	3,01	2,78	2,62	2,25	2,03	1,86	1,80	1,77	1,73
30	0,90	2,88	2,49	2,28	2,14	2,05	1,82	1,76	1,55	1,51	1,48	1,46
	0,95	4,17	3,32	2,92	2,69	2,53	2,16	1,93	1,76	1,70	1,66	1,62
40	0,90	2,84	2,44	2,23	2,09	2,00	1,76	1,61	1,48	1,43	1,41	1,38
	0,95	4,08	3,23	2,84	2,61	3,45	2,08	1,84	1,66	1,59	1,55	1,51
60	0,90	2,79	2,39	2,18	2,04	1,95	1,71	1,54	1,41	1,36	1,33	1,29
	0,95	4,00	3,15	2,76	2,53	2,37	1,99	1,75	1,56	1,48	1,44	1,39
120	0,90	2,75	2,35	2,13	1,99	1,90	1,65	1,48	1,34	1,27	1,24	1,19
	0,95	3,92	3,07	2,68	2,45	2,29	1,91	1,66	1,46	1,37	1,32	1,25

Таблица П 5

**Квантили распределения проверочного критерия  
нормальности  $W$  для  $n = 3...50$**

$n$	$q$					$n$	$q$				
	0,01	0,02	0,05	0,10	0,50		0,01	0,02	0,05	0,10	0,50
3	0,753	0,756	0,767	0,789	0,959	27	0,894	0,906	0,923	0,935	0,965
4	0,687	0,707	0,748	0,792	0,935	28	0,896	0,908	0,924	0,936	0,965
5	0,686	0,715	0,762	0,806	0,927	29	0,898	0,910	0,926	0,937	0,966
6	0,713	0,743	0,788	0,826	0,927	30	0,900	0,912	0,927	0,939	0,967
7	0,730	0,760	0,803	0,838	0,928	31	0,902	0,914	0,929	0,940	0,967
8	0,749	0,778	0,818	0,851	0,932	32	0,904	0,915	0,930	0,941	0,968
9	0,764	0,791	0,829	0,859	0,935	33	0,906	0,917	0,931	0,942	0,968
10	0,781	0,806	0,842	0,869	0,938	34	0,908	0,919	0,933	0,943	0,969
11	0,792	0,817	0,850	0,876	0,940	35	0,910	0,920	0,934	0,944	0,969
12	0,805	0,828	0,859	0,883	0,943	36	0,912	0,922	0,935	0,945	0,970
13	0,814	0,837	0,866	0,889	0,945	37	0,914	0,924	0,936	0,946	0,970
14	0,825	0,846	0,874	0,895	0,947	38	0,916	0,925	0,938	0,947	0,971
15	0,835	0,855	0,881	0,901	0,950	39	0,917	0,927	0,939	0,948	0,971
16	0,844	0,863	0,887	0,906	0,952	40	0,919	0,928	0,940	0,949	0,972
17	0,851	0,869	0,892	0,910	0,954	41	0,920	0,929	0,941	0,950	0,972
18	0,858	0,874	0,897	0,914	0,956	42	0,922	0,930	0,942	0,951	0,972
19	0,863	0,879	0,901	0,917	0,957	43	0,923	0,932	0,943	0,952	0,973
20	0,868	0,884	0,905	0,920	0,959	44	0,924	0,933	0,944	0,953	0,973
21	0,873	0,888	0,908	0,923	0,960	45	0,926	0,934	0,945	0,953	0,973
22	0,878	0,892	0,911	0,926	0,961	46	0,927	0,935	0,945	0,953	0,974
23	0,881	0,895	0,914	0,928	0,962	47	0,928	0,936	0,946	0,954	0,974
24	0,884	0,898	0,916	0,930	0,963	48	0,929	0,937	0,947	0,954	0,974
25	0,888	0,901	0,918	0,931	0,964	49	0,929	0,937	0,947	0,955	0,974
26	0,891	0,904	0,920	0,933	0,965	50	0,930	0,938	0,947	0,955	0,974

Таблица П 6

Значения функции  $Z = \frac{1}{2} \ln \frac{1 + \tilde{r}_{xy}}{1 - \tilde{r}_{xy}}$  по критерию Фишера для  
интервальной оценки коэффициента корреляции

$\tilde{r}_{xy}$	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
<b>0,0</b>	0,0000	0,0100	0,0200	0,0300	0,0400	0,0500	0,0601	0,0701	0,0802	0,0902
<b>0,1</b>	0,1003	0,1104	0,1206	0,1307	0,1409	0,1511	0,1614	0,1717	0,1820	0,1923
<b>0,2</b>	0,2027	0,2132	0,2237	0,2342	0,2448	0,2554	0,2661	0,3769	0,2877	0,2986
<b>0,3</b>	0,3095	0,3205	0,3316	0,3428	0,3541	0,3654	0,3769	0,3884	0,4001	0,4118
<b>0,4</b>	0,4236	0,4356	0,4477	0,4599	0,4722	0,4847	0,4973	0,5104	0,5230	0,5361
<b>0,5</b>	0,5493	0,5627	0,5763	0,5901	0,6042	0,6184	0,6328	0,6475	0,6625	0,6777
<b>0,6</b>	0,6931	0,7089	0,7250	0,7414	0,7582	0,7753	0,7928	0,8107	0,8291	0,8480
<b>0,7</b>	0,8673	0,8872	0,9076	0,9287	0,9505	0,9730	0,9962	1,0203	1,0454	1,0714
<b>0,8</b>	1,0986	1,1270	1,1568	1,1881	1,2212	1,2562	1,2933	1,3331	1,3758	1,4219
<b>0,9</b>	1,4722	1,5275	1,5890	1,6584	1,7380	1,8318	1,9459	3,0923	2,2976	2,6466
<b>0,99</b>	2,6466	2,6996	2,7587	2,8257	2,9031	2,9945	3,1063	3,2504	3,4534	3,8002

**Форма сертификата соответствия по ГОСТ Р при обязательной  
сертификации продукции**

СИСТЕМА СЕРТИФИКАЦИИ ГОСТ Р		
Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии		
	<b>СЕРТИФИКАТ СООТВЕТСТВИЯ</b>	
	(1) №	
	(2) Срок действия с	по №
(3) ОРГАН ПО СЕРТИФИКАЦИИ		
(4) ПРОДУКЦИЯ	(5)	код ОК 005 (ОКП)
(6) СООТВЕТСТВУЕТ ТРЕБОВАНИЯМ НОРМАТИВНЫХ ДОКУМЕНТОВ		
(8) ИЗГОТОВИТЕЛЬ	(7)	код ТН ВЭД
(9) СЕРТИФИКАТ ВЫДАН		
(10) НА ОСНОВАНИИ		
(11) ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ		
(12) Руководитель органа	_____	_____
	подпись	инициалы, фамилия
М.П. Эксперт	_____	_____
	подпись	инициалы, фамилия
Сертификат имеет юридическую силу на всей территории Российской Федерации		

**Позиция 1** – регистрационный номер сертификата. В структуре регистрационного номера можно выделить пять элементов.

**Позиция 2** – срок действия сертификата устанавливается в соответствии с правилами и порядком сертификации однородной продукции.

**Позиция 3** – приводятся регистрационный номер органа по сертификации – по Государственному реестру, его наименование – в соответствии с аттестатом аккредитации (прописными буквами), адрес (строчными буквами), телефон и факс.

**Позиция 4** – наименование, тип, вид, марка продукции, обозначение стандарта, технических условий или иного документа, по которому она выпускается (для импортной продукции ссылка на документ не обязательна).

**Позиция 5** – код продукции (шесть разрядов с пробелом после первых двух) по Общероссийскому классификатору продукции.

**Позиция 6** – обозначение нормативных документов, на соответствие которым проведена сертификация. Если продукция сертифицирована не на все требования нормативного документа, то указывают разделы или пункты, содержащие подтверждаемые требования.

**Позиция 7** – 9-разрядный код продукции по классификатору товарной номенклатуры внешней экономической деятельности (заполняется обязательно для импортируемой и экспортируемой продукции).

**Позиция 8** – наименование, адрес организации-изготовителя (индивидуального предпринимателя).

**Позиция 9** – наименование, адрес, телефон, факс юридического лица, которому выдан сертификат соответствия.

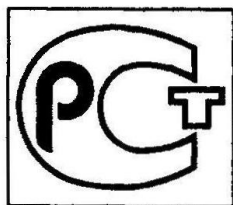
**Позиция 10** – документы, на основании которых органом по сертификации выдан сертификат.

**Позиция 11** – дополнительная информация; приводят при необходимости, определяемой органом по сертификации. К такой информации могут относиться идентифицирующие признаки продукции (вид тары, упаковки, нанесенные на них сведения и т.п.), условия действия сертификата (при хранении, реализации), место нанесения знака соответствия, номер схемы сертификации и т.п.

**Позиция 12** – подписи, инициалы, фамилии руководителя органа, выдавшего сертификат, и эксперта, проводившего сертификацию, печать органа по сертификации.



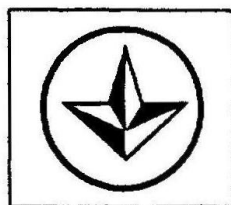
## Знаки соответствия стандартам некоторых стран мира



Россия



Беларусь



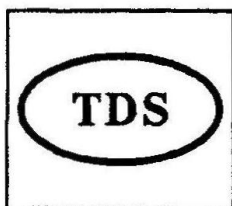
Украина



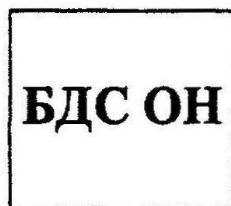
Армения



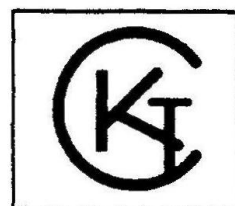
Кыргызстан



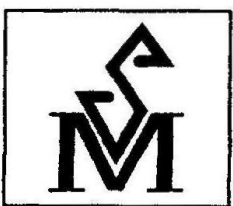
Туркмения



Болгария



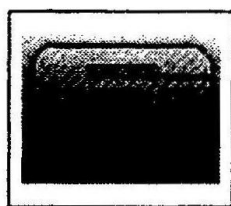
Казахстан



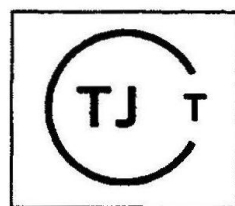
Молдова



Узбекистан



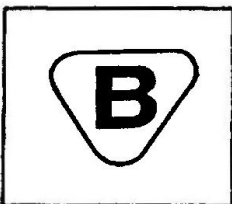
Азербайджан



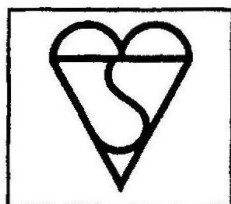
Таджикистан



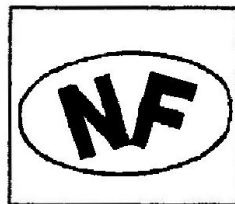
Грузия



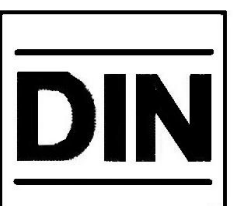
Польша



Англия



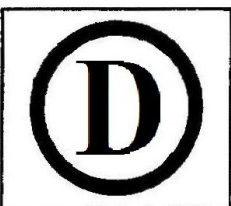
Франция



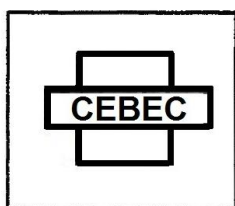
Германия



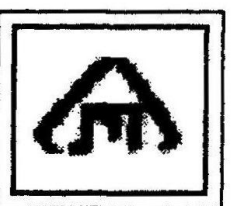
Канада



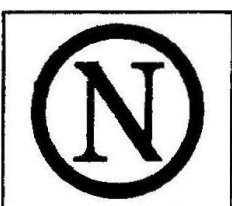
Дания



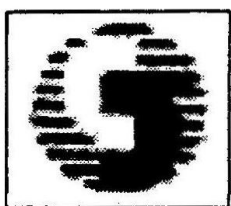
Бельгия



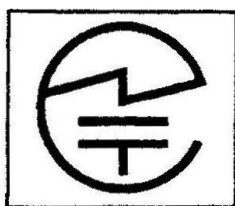
Израиль



Норвегия

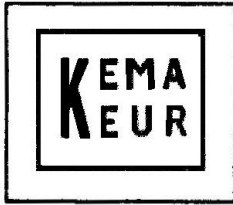


Тайвань

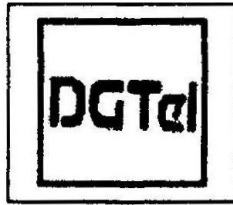


Япония

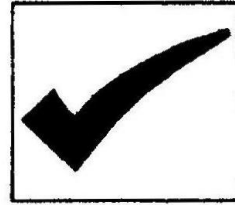
Знаки соответствия стандартам некоторых стран мира  
(продолжение)



Голландия



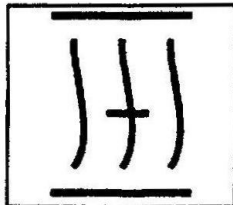
Испания

Новая  
Зеландия

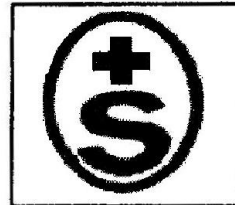
Венгрия



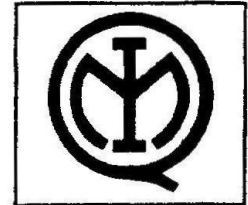
Швеция



Финляндия



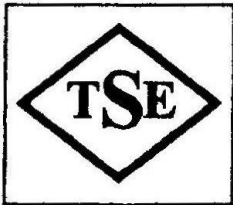
Швейцария



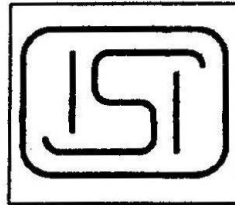
Италия



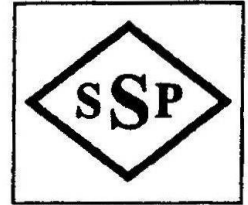
Евросоюз



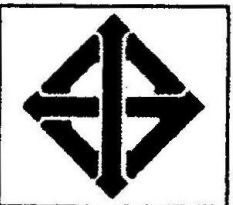
Турция



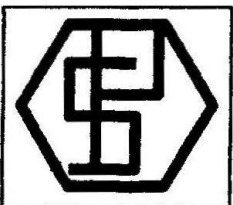
Индия



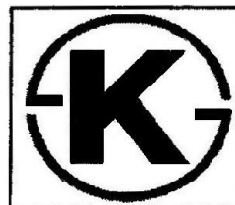
Сингапур



Таиланд



Пакистан



Корея






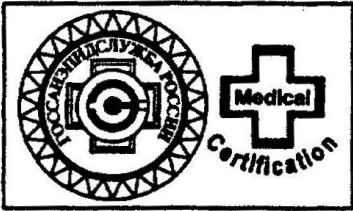
Австрия



Португалия

**Логотипы (знаки обращения и знаки соответствия на рынке) некоторых систем сертификации в Российской Федерации**

**Обязательная**

Система сертификации	Логотип
ГОСТ Р	
Связь	
Средства защиты информации от несанкционированного доступа	
Электросвязь	
Пожарной безопасности	
Контроля качества лекарств г. Москвы	
Гигиеническое заключение Минздрава и соцразвития России	

## Добровольная

Система сертификации	Логотип
Регистра систем качества	
ГОСТ Р ИСО 9001 сертификационного органа «Оборонсертифика»	
Средств защиты информации от несанкционированного доступа	
Услуг торговли Правительства Москвы	
Ассоциация качества международных объединений стран СНГ	
Военэлектронсерт РЭА, электрорадиоизделий и материалов военного назначения	
Российский морской Регистр судоходства	
Аварийно-спасательных средств	
Система сертификации вооружения, военной и специальной техники	

## ПРИЛОЖЕНИЕ 6

## Форма свидетельства о поверке средства измерений

\_\_\_\_\_ (наименование органа Государственной метрологической службы, юридического лица)

СВИДЕТЕЛЬСТВО  
О ПОВЕРКЕ

№ \_\_\_\_\_

Действительно до  
« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

Средство измерений \_\_\_\_\_

Наименование и тип

Серия и номер клейма предыдущей поверки (если такие серия и номер имеются)

\_\_\_\_\_ Заводской номер

Принадлежащее \_\_\_\_\_

Наименование юридического (физического) лица, ИНН

**поверено и на основании результатов первичной (периодической) поверки признано пригодным к применению.**

Поверка проведена по методике \_\_\_\_\_

Номер или полное наименование нормативного документа

Дата поверки « \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

Поверительное клеймо

Руководитель  
отдела (группы) \_\_\_\_\_

(Подпись)

\_\_\_\_\_ (Инициалы, фамилия)

Поверитель \_\_\_\_\_

(Подпись)

\_\_\_\_\_ (Инициалы, фамилия)

М.П.

« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.