

Содержание

Введение	4
Назначение методических указаний	4
Требования к знаниям и умениям обучающихся	4
1 Содержание контрольной работы	5
1.1 Цель работы	5
1.2 Основные теоретические сведения	5
1.2.1 Основные понятия и определения современной метрологии	5
1.2.2 Погрешности измерений; обработка результатов измерений, выбор средств измерений	6
1.2.3 Стандартизация. Принципы, цели и объекты стандартизации	15
1.2.4 Сертификация. Принципы, цели сертификации	16
1.3 Требования в оформлении контрольной работы	16
1.4 Задание к контрольной работе	17
1.5 Индивидуальные задания к работе	17
1.6 Примеры решения и оформления задач	26
2 Критерии оценки выполнения контрольной работы	27
Список используемой литературы	27
Приложение А	28
Приложение Б	30

Введение

Курс разработан в предположении, что обучающиеся, приступая к изучению дисциплины «Метрология, стандартизация и сертификация», имеют достаточно хорошую теоретическую и практическую подготовку по следующим дисциплинам: математика, физика, информатика.

Также курс органически связан с большинством дисциплин, изучаемыми обучающимися: теория автоматического управления, моделирование систем и др.

Стандартизация как раздел дисциплины связан с дисциплиной «Инженерная и компьютерная графика», в которой обучающиеся используют одну из крупных межотраслевых систем стандартизации – ЕСКД.

Назначение методических указаний

Методические указания для контрольной работы разработаны для оказания помощи обучающимся заочной формы обучения в организации их самостоятельной работы над изучением материала, а также содержат рекомендации по выполнению контрольных работ.

Требования к знаниям и умениям обучающихся

В результате изучения дисциплины и выполнения контрольной работы обучающиеся должны:

знать: влияние качества измерений на качество конечных результатов метрологической деятельности, методы и средства обеспечения единства измерений; методы и средства поверки (калибровки) средств измерений, методики выполнения измерений; физические основы измерений, систему воспроизведения единиц физических величин и передачи размера средствами способы оценки точности (неопределенности) измерений и испытаний и достоверности контроля; принципы нормирования точности и обеспечения взаимозаменяемости деталей и сборочных единиц;

уметь: применять компьютерные технологии для планирования и проведения работ по метрологии, стандартизации и сертификации; технологию разработки и аттестации методик выполнения измерений, испытаний и контроля; методы и средства поверки (калибровки) и юстировки средств измерения, правила проведения метрологической и нормативной экспертизы.

владеть: навыками обработки экспериментальных данных и оценки точности (неопределенности) измерений, испытаний и достоверности контроля.

1 Содержание контрольной работы

1.1 Цель работы

Цель контрольной работы - обучение основам метрологического обеспечения современной науки и техники, современным средствам и методам измерений физических величин. а также приобретение навыков правильного выбора средств измерения и оценки точности результатов измерения.

1.2 Основные теоретические сведения

1.2.1 Основные понятия и определения современной метрологии

Метрология (от греч. *metron* –мера и *logos*-учение, понятие, слово) – наука об измерениях, методах и средствах обеспечения их единства и способах достижения требуемой точности.

Современная метрология включает в себя три составляющие: законодательную, научную (теоретическую) и практическую (прикладную).

Под *единством измерений* понимают такое состояние измерений, при котором их результаты выражены в узаконенных единицах и погрешности измерений известны с заданной вероятностью [3].

Величина – это свойство чего-либо, что может быть выделено среди других свойств и оценено тем или иным способом, в том числе и количественно. Величина имеет место лишь постольку, поскольку существует объект со своими свойствами, выраженными данной величиной.

Все величины делятся на идеальные (математические) и реальные: физические и нефизические.

Физической величиной называется свойство общее в качественном отношении для многих объектов, но индивидуальное в количественном отношении для каждого объекта. Физические величины делятся на энергетические (активные), вещественные (пассивные) и величины, характеризующие процессы [3].

Единица физической величины – величина, размеру которой присвоено значение «1».

Упорядоченная последовательность значений физической величины, принятая по соглашению на основании результатов точных измерений, называется *шкалой измерений*. В соответствии с логической структурой проявления свойств различают пять основных типов шкал измерений (наименований, порядка, интервалов, отношений и абсолютную).

Под *истинным значением* физической величины понимают значение, которое идеальным образом отражает как в качественном, так и в

количественном отношении соответствующее свойство объекта. Поскольку истинное значение есть идеальное значение, то чаще всего вместо него используют понятие *действительного значения*, определяемого с помощью образцовых мер и приборов.

1.2.2 Погрешности измерений; обработка результатов измерений, выбор средств измерений

а) Классификация измерений и методов измерений

Измерение физической величины – 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.

В метрологии измерения принято классифицировать по различным признакам [1,2]. Классификация измерений представлена на рисунке 2.



Рисунок 2 - Классификация измерений

Прямые измерения являются основой более сложных (косвенных, совокупных, совместных) измерений и поэтому целесообразно рассматривать методы прямых измерений: метод непосредственной оценки и метод сравнения с мерой [1,3].

Принцип измерений – физическое явление или эффект, положенное в основу измерений.

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. Различают следующие методы измерений: непосредственной оценки и сравнения с мерой

(нулевой, дифференциальный, замещения, совпадения и т.д.) [2].

б) Классификация средств измерений

Средство измерений – техническое средство, предназначенное для измерений, имеющее нормированные метрологические характеристики, воспроизводящие и (или) хранящие единицу физической величины, размер которой принимают неизменным (в пределах установленной погрешности) в течение известного интервала времени [1-3].

Средство измерений является обобщенным понятием, объединяющим самые разнообразные конструктивно законченные устройства, которые реализуют одну из функций:

- воспроизводят величину заданного (известного) размера;
- вырабатывают сигнал (показание), несущий информацию о значении измеряемой величины.

Существует несколько классификационных признаков, что объясняется многообразием средств измерений и их использованием в различных областях науки и техники [3]:

- по роли в системе обеспечения единства измерений: метрологические, предназначенные для воспроизведения единицы и (или) ее хранения или передачи размера единицы рабочим средствам измерений; рабочие, применяемые для измерений, не связанных с передачей размера единиц;

- по уровню автоматизации: автоматизированные, производящие в автоматическом режиме одну или часть измерительной операции; неавтоматические; автоматические, производящие в автоматическом режиме измерения и все операции, связанные с обработкой их результатов, регистрацией, передачей данных или выработкой управляющих сигналов;

- по уровню стандартизации: стандартизованные (изготовленные в соответствии с требованиями государственного или отраслевого стандарта, серийно выпускаются промышленными предприятиями и в обязательном порядке подвергаются государственным испытаниям); не стандартизованные, предназначенные для решения специальной измерительной задачи (разрабатываются специализированными научно-исследовательскими организациями, выпускаются единичными экземплярами, и не проходят государственных испытаний, их характеристики определяются при метрологической аттестации);

- по функциональному назначению: меры, эталоны, измерительные приборы, преобразователи, установки, системы;

- по отношению к измеряемой физической величине: основные – средства измерений той физической величины, значение которой необходимо получить в соответствии с измерительной задачей; вспомогательные – средства измерений той физической величины, влияние которой на основное средство измерений или объект измерения

необходимо учесть для получения результатов измерения требуемой точности.

Уже по обозначениям на шкале прибора можно определить, с какой погрешностью может получиться результат, но для этого надо знать формы представления метрологических характеристик [2].

в) Классификация погрешностей измерений и погрешностей средств измерений

Погрешность измерения – отклонение результата измерения от истинного (действительного) значения измеряемой величины.

Знание классификации методов позволяет выбрать тот или иной метод для оптимального решения измерительной задачи. Но даже если правильно выбран метод измерений и эксперимент проведен с помощью точного СИ, истинное значение измеряемой величины получено не будет, так как каждый результат содержит какие-нибудь *погрешности измерения*. Для того чтобы определить их вид и использовать выработанные метрологией приемы их использования, необходимо знать классификацию погрешностей измерений [1]. Погрешности измерений делятся на две группы: систематические и случайные.

Случайные погрешности подразделяются на ожидаемые, грубые и промахи. Случайные погрешности нельзя исключить полностью, но их влияние можно быть уменьшено путем обработки результатов измерений. Для этого должны быть известны вероятностные и статистические характеристики (закон распределения, математическое ожидание, среднеквадратическое отклонение, доверительная вероятность и доверительный интервал).

Систематические погрешности принято классифицировать по двум признакам: по причине возникновения (инструментальные, методические, от влияющих величин, субъективные) и по характеру проявления (постоянные и переменные). Методические, субъективные, инструментальные систематические погрешности легче определить, чем случайные. Систематические погрешности исключаются из результатов наблюдений введением поправок (значение погрешности с противоположным знаком), выбором более точного метода и средства измерения и т.д. Но в большинстве случаев в результат измерения все-таки входят не исключённые остатки систематических погрешностей, которыми нельзя пренебречь. Систематическая погрешность представляет собой определенную функцию влияющих величин, состав которых зависит от физических, конструктивных и технологических особенностей средств измерений, условий их применения, а также индивидуальных качеств наблюдателя.

Инструментальная погрешность (погрешность измерительных устройств) имеет определяющее значение для наиболее распространенных технических измерений. На рисунке 3. приведена классификация

погрешностей средств измерений.



Рисунок 3 – Классификация погрешностей средств измерений

Основной погрешностью называют погрешность средства измерений в нормальных условиях. При отклонении условий измерений от нормальных возникает *дополнительная* погрешность (температурная, из-за изменения питающего напряжения, из-за изменения влажности окружающей среды и т.д.).

Абсолютной погрешностью измерительного устройства ΔX называют разность показаний прибора X_n и истинного (действительного) X_o значения измеряемой величины (1).

$$\Delta X = X_n - X_o. \quad (1)$$

Относительной погрешностью называют отношение абсолютной погрешности СИ к действительному значению измеряемой величины (2). Относительную погрешность обычно выражают в процентах:

$$\delta X = \frac{\Delta X}{X_o} \cdot 100\%. \quad (2)$$

Приведенной погрешностью называют отношение абсолютной погрешности СИ к нормирующему значению X_N (3). Приведенную погрешность также выражают в процентах:

$$\gamma X = \frac{\Delta X}{X_N} \cdot 100\%. \quad (3)$$

где в качестве нормирующего значения X_N используется разница верхнего и нижнего пределов измерений, номинальное значение измеряемой величины по НТД.

Для рассмотрения зависимости погрешности СИ от значения измеряемой величины удобно использовать понятие номинальной и реальной функции преобразования измерительного устройства.

Из-за несовершенства конструкции и технологии изготовления реальная функция преобразования отличается от номинальной.

На рисунке 4 представлены зависимости погрешности средства измерения от изменения значения измеряемой величины: аддитивную (а), мультипликативную (б), линейности (в) и гистерезиса (г).

Эти погрешности представляют несовпадение номинальных и реальных функций преобразования измерительных устройств.

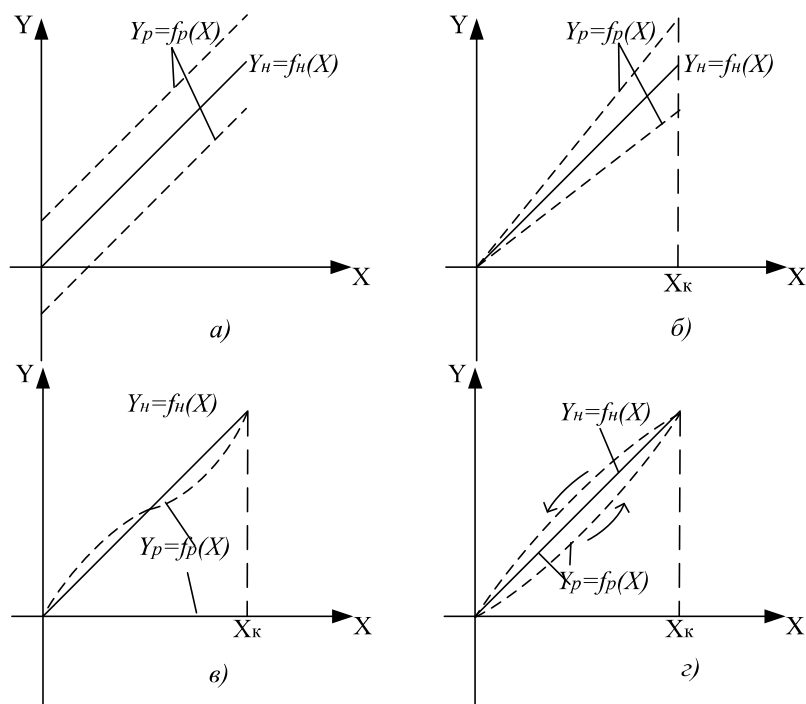


Рисунок 4 – Зависимость погрешности СИ от значения величины

г) Законы распределения случайных величин

В большинстве случаев истинное значение измеряемой величины оценивают в результате многократных измерений и последующей обработки этих результатов. Рассеивание результатов измерений должно отвечать определенной закономерности.

При обработке результатов со случайной погрешностью сама случайная погрешность рассматривается как случайная величина [1-3].

Наиболее универсальный способ описания случайных величин заключается в нахождении их интегральных и дифференциальных функций распределения. Под интегральной функцией распределения результатов наблюдений понимается зависимость вероятности того, что результат наблюдения X в опыте окажется меньше некоторого текущего значения x :

$$F(x) = P(X < x). \quad (4)$$

Более наглядным является описание свойств результатов наблюдений с помощью дифференциальной функции распределения, называемой плотностью распределения вероятности случайной величины:

$$f(x) = \frac{dF(x)}{dx}. \quad (5)$$

Основными характеристиками случайной величины являются первый и второй центральные моменты, которые представляют собой математическое ожидание (6) и дисперсию (7) соответственно:

$$\mu_1[x] = \int_{-\infty}^{\infty} xp(x)dx = m_x \quad (6)$$

$$\mu_2[x] = \int_{-\infty}^{\infty} (x - m_x)^2 p(x)dx = D_x \quad (7)$$

Согласно нормальному закону (рисунок 5) плотность вероятности распределения случайной величины x описывается выражением (8).

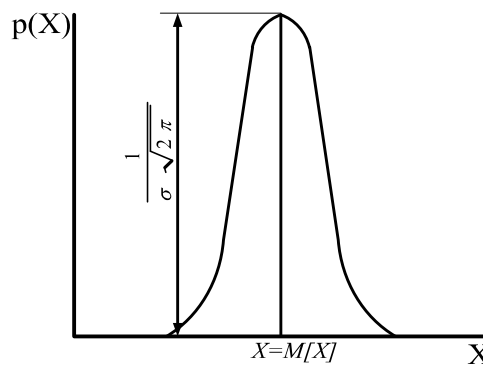


Рисунок 5 – Нормальное распределение случайной величины

$$p(X) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(X-M(X))^2}{2\sigma^2}}, \quad (8)$$

где $X - M(x) = \psi$ - случайная погрешность; $M(X)$ и σ – математическое ожидание и среднеквадратичное отклонение (СКО) случайной величины.

Вероятность попадания случайной величины (погрешности), распределенной по нормальному закону, в некоторый заданный интервал $[a;b]$ определяется выражением (9):

$$P(a \leq X \leq b) = \Phi\left(\frac{b-X}{\sigma}\right) - \Phi\left(\frac{a-X}{\sigma}\right), \quad (9)$$

где $\Phi(z)$ - функция Лапласа, определяемая по таблице приложения А.

При равномерном законе распределения (рисунок 6) случайной величины плотность распределения равна (10):

$$p(x) = \begin{cases} 0, \text{ при } -\infty < x < a; \\ \frac{1}{b-a}, \text{ при } a \leq x \leq b; \\ 0, \text{ при } b < x < +\infty \end{cases} \quad (10)$$

где b и a - границы интервала, в котором определена случайная величина x .

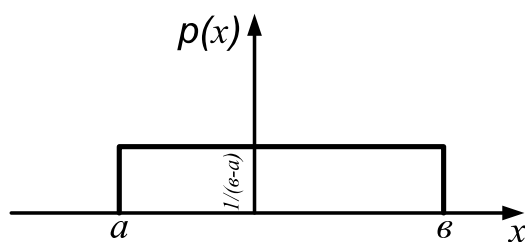


Рисунок 6 – Равномерное распределение случайной величины

Вероятность того, что случайная величина x находится в некотором интервале (α, β) (11):

$$P(\alpha \leq x \leq \beta) = \int_{-\beta}^{\beta} p(x) dx = \frac{\beta - \alpha}{b - a}, \quad (11)$$

д) Обработка результатов измерений

Обработка прямых измерений имеет целью дать оценку истинного значения физической величины и определить степень достоверности этой оценки.

Если выполнено одно измерение, то за истинное принимают показание прибора, но дать оценку достоверности результата невозможно, так как закон распределения случайной величины неизвестен. Если выполнено n измерений, то в качестве оценки истинного значения следует брать среднее арифметическое результатов наблюдений.

Для обработки результатов прямых равноточных измерений определяются [1-3]:

– истинное значение измеряемой величины (12):

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n}, \quad (12)$$

где x_i – результаты наблюдений, n – количество измерений;

– ошибка измерения или СКО (13):

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n - 1}}; \quad (13)$$

– оценка среднеквадратичного отклонения или СКО истинного значения (14):

$$\tilde{\sigma} = \sigma / \sqrt{n} \quad (14)$$

– наличие грубых ошибок в результатах наблюдения: вычисляются параметры R_{max} и R_{min} и сравниваются с критическим значением критерия Романовского $R_{кр}$ (для заданной вероятности P_δ и n_i ; определяется по таблице Б.1 приложения Б), если выполняются условия (15), то грубых ошибок в результатах наблюдений нет:

$$R_{\max} = \frac{|x_{\max} - \bar{x}|}{\sigma} \leq R_{кр}; \quad R_{\min} = \frac{|x_{\min} - \bar{x}|}{\sigma} \leq R_{кр}. \quad (15)$$

– доверительный интервал с заданной доверительной вероятностью (16) записывается с учетом правила округления:

$$X = \bar{x} \pm t_{\alpha,n} \frac{\sigma}{\sqrt{n}}, \quad (16)$$

где $t_{\alpha,n}$ – коэффициент Стьюдента для $\alpha=1-P_d$ и числа измерений n (определяется по таблице Б.2 приложения Б).

В случае *неравноточных прямых* измерений для оценки наиболее вероятного значения определяется «вес» измерения (17):

$$g_i = \frac{n_i}{\sigma_i^2}, \quad (17)$$

где n_i и σ_i^2 – объем и дисперсия i -ой серии измерений.

Тогда наиболее вероятным значением величины будет ее средневзвешенное значение (18):

$$X_H = \frac{1}{\sum_{i=1}^m g_i} \sum_{i=1}^m g_i \bar{x}_i, \quad (18)$$

Для оценки точности *косвенных измерений* пользуются следующими формулами:

– если случайная величина z является косвенной и определяется на основании функциональной зависимости результатов прямых измерений, то истинное значение косвенного измерения определяется (19):

$$\bar{z} = f(\bar{a}, \bar{b}, \bar{c}, \dots), \quad (19)$$

– абсолютная погрешность косвенного измерения (20):

$$\Delta Z = \sqrt{\left(\frac{\partial f}{\partial a} \Delta a\right)^2 + \left(\frac{\partial f}{\partial b} \Delta b\right)^2 + \dots}, \quad (20)$$

где Δ – абсолютные погрешности результатов прямых измерений ($\sigma_a, \sigma_b, \dots$), $\frac{\partial f}{\partial a}, \frac{\partial f}{\partial b}, \dots$ – частные производные от функции по соответствующим величинам;

– относительная погрешность косвенного результата (21):

$$\delta Z = \frac{\Delta Z}{Z} \cdot 100\%. \quad (21)$$

е) Выбор средств измерений

При выборе средств измерений учитывают совокупность метрологических (цена деления, погрешность, пределы измерений и др.), эксплуатационных и экономических показателей, к которым относятся стоимость и надежность СИ, метод измерения, время на настройку и процесс измерения, режим работы и т.д. таким образом можно выделить

несколько основных положений выбора СИ:

– для гарантированной заданной или расчетной погрешности измерения $\delta_{\text{и}}$ относительная погрешность СИ $\delta_{\text{СИ}}$ должна быть на 25-30% ниже чем $\delta_{\text{и}}$ (22):

$$\delta_{\text{СИ}} = 0,7\delta_{\text{и}}, \quad (22)$$

– если известна приведенная погрешность измерения, то приведенная погрешность СИ (23):

$$\gamma_{\text{СИ}} = \gamma_{\text{и}} \frac{x}{X_{\text{N}}}; \quad (23)$$

где x и X_{N} – результат измерения и нормированное значение шкалы СИ.

а) при выборе СИ по метрологическим характеристикам необходимо учитывать: пределы шкалы СИ должны превышать диапазон рассеяния значений параметра; цена деления шкалы должна выбираться с учетом заданной точности измерения; цена деления, учитывающая вариацию, должна быть равна удвоенному значению приведенной погрешности $S=2\gamma$; величина относительной погрешности в пределах рабочего участка шкалы СИ не должна превышать приведенную погрешность более чем в 3 раза;

ж) Нормирование основных погрешностей средств измерений

Характеристики СИ, влияющие на точность осуществляемых с помощью этих устройств измерений, принято называть *метрологическими*. Определенную специфику имеет нормирование характеристик, определяющих точность измерений (основная и дополнительная погрешности, размах, вариация).

Основная погрешность устройства нормируется путем установления пределов абсолютной, относительной или приведенной погрешностей, способы задания пределов допускаемой основной погрешности СИ определяется зависимостью их погрешности от значения измеряемой величины и требованиями простоты [1-3]. Для того чтобы оценить погрешность, которую внесет данное СИ в конечный результат, пользуются предельными значениями погрешности для данного типа СИ.

Согласно ГОСТ 8.401-80 для указания нормированных пределов допускаемых погрешностей значение классов точности выражаются в процентах и выбираются из ряда чисел: $(1; 1,5; 2; 2,5; 3; 4; 5 \text{ и } 6) \times 10^n$, где $n=+1; 0; -1; -2; -3$ и т.д. С использованием чисел указанного ряда разработаны следующие условные обозначения классов точности СИ и наносимые на них обозначения (таблица 1).

Дополнительные погрешности также нормируют их допускаемыми пределами – оценками погрешностей сверху. Для выпускаемых промышленностью измерительных устройств задают дополнительные погрешности: температурную, погрешность из-за изменений питающего напряжения, погрешности из-за изменений влажности, атмосферного давления, вибраций.

Эксплуатационная погрешность в рабочих условиях складывается из основной и суммы дополнительных погрешностей.

Таблица 1

Формулы погрешностей и обозначения классов точности СИ

Обозначение класса точности		Форма выражения погрешности	Пределы допускаемой основной погрешности	СИ, рекомендуемые к обозначению таким способом
на СИ	в НТД			
N или III	Класс точности N или III	Абсолютная	$\Delta(x) = \pm 0,02 A$	Меры
0,1	Класс точности 0,1	Приведенная	$\gamma(x) = \pm 0,1\%$	Аналоговые СИ, если X_N в единицах величины
	Класс точности 1,5		$\gamma(x) = \pm 1,5\%$	Омметры, если X_n определяется длиной шкалы или ее части
	Класс точности 1,5	Относительная	$\delta(x) = \pm 1,5\%$	Мосты, счетчики, делители, измерительные трансформаторы
0,2/0,1	Класс точности 0,2/0,1		$\delta(x) = \pm \left[0,2 + 0,1 \left(\frac{X_k}{x} - 1 \right) \right] \%$	Цифровые СИ, магазины емкостей (сопротивлений)
C или II	Класс точности C или II		$\delta(x) = \frac{\Delta_0}{x} + \gamma_s + \frac{x}{\Delta_\infty}$ Δ_0 и Δ_∞ - нижний и верхний пороги чувствительности, γ_s - относительная погрешность, ограничивающая снизу рабочий диапазон	Многопредельные цифровые частотомеры, измерительные мосты

1.2.3 Стандартизация. Принципы, цели и объекты стандартизации

Стандартизация - это деятельность, направленная на разработку и установление требований, норм, правил, характеристик как обязательных для выполнения, так и рекомендуемых, обеспечивающая право потребителя на приобретение товаров надлежащего качества за приемлемую цену, а также право на безопасность и комфортность труда. *Объектом (предметом) стандартизации* называют продукцию, процесс или услугу, для которых разрабатывают те или иные требования, характеристики, параметры, правила и т.п. [1,2,5].

К основным принципам стандартизации относятся: добровольное применение стандартов и обязательное их соблюдение; максимальный учет интересов заинтересованных лиц при разработке стандартов; применение международных стандартов как основы разработки национальных стандартов; недопустимость препятствий производству и

обращению продукции; обеспечение условий для единообразного применения стандартов.

Головной международной организацией в области стандартизации является ИСО, цель которой – содействие развитию стандартизации в международном масштабе для облегчения международного товарообмена и взаимопомощи, а также для расширения сотрудничества в области интеллектуальной, научной, технической и экономической деятельности.

Стандартизация базируется на следующих методах: систематизации объектов, явлений или понятий; кодирование и классификации технико-экономической информации; унификации и симплификации деталей, машин, приборов; типизации конструкции изделий и технологических процессов; агрегатировании машин и других изделий; комплексной и опережающей стандартизации [1,4,5].

1.2.4 Сертификация. Принципы, цели сертификации

Сертификация – это процедура подтверждения соответствия результата производственной деятельности, товара, услуги нормативным требованиям, посредством которой третья сторона документально удостоверяет, что продукция, работа (процесс) или услуга соответствует заданным требованиям [1,4,5]. Главным доказательством подтверждения соответствия являются декларация о соответствии и сертификат соответствия.

Цели сертификации: создание условий для деятельности организаций на едином товарном рынке России для участия в международном экономическом, научно-техническом сотрудничестве и международной торговли; содействие потребителям в компетентном выборе товара; контроль безопасности продукции для жизни и т.д.

Принципами сертификации являются: доступность информации о порядке осуществления сертификации; установление перечня форм и схем обязательного соответствия в отношении определенных видов продукции; уменьшение срока проведения обязательного подтверждения соответствия и затрат заявителя; защита имущественных интересов заявителя; недопустимость принуждения к осуществлению добровольного подтверждения соответствия; недопустимость подмены обязательного подтверждения соответствия добровольной сертификацией и др. [4,5].

1.3 Требования к оформлению контрольной работы

Работа выполняется в обычной ученической тетради. В работе необходимо представить текст задачи, решение с расчетными формулами, с объяснением буквенных обозначений, подстановкой численных значений в целых, дольных или кратных единицах системы СИ (метр, Паскаль, секунда и т.д.). Окончательный результат записывается с учетом правила

округления [2,3]. Решение заданий, требующих графического решения, выполняется карандашом. В конце работы необходимо указать список использованных источников (в тексте обязательна ссылка на литературу).

1.4 Задание для контрольной работы

Номера заданий соответствуют номеру варианта (таблица 2), который соответствует порядковому номеру обучающегося в списке группы.

Таблица 2

Варианты заданий

Номер варианта	Номера заданий	Номер варианта	Номера заданий
1	1,25,49,73,97	13	13,37,61,85,109
2	2,26,50,74,98	14	14,38,62,86,110
3	3,27,51,75,99	15	15,39,63,87,111
4	4,28,52,76,100	16	16,40,64,88,112
5	5,29,53,77,101	17	17,41,65,89,113
6	6,30,54,78,102	18	18,42,66,90,114
7	7,31,55,79,103	19	19,43,67,91,115
8	8,32,56,80,104	20	20,44,68,92,116
9	9,33,57,81,105	21	21,45,69,93,117
10	10,34,58,82,106	22	22,46,70,94,118
11	11,35,59,83,107	23	23,47,71,95,119
12	12,36,60,84,108	24	24,48,72,96,120

1.5 Индивидуальные задания к работе

1. Метрология, составляющие метрологии.
2. Каким образом определяется размерность физической величины? Запишите размерность напряжения, давления, расхода в системе SI.
3. Поясните, идентичны ли понятия: "поверочная схема" и "схема поверки"?
4. Шкалы измерений: типы, принципы построения. Приведите примеры.
5. Что такое эталон? Приведите примеры одиночного и группового эталонов.
6. Как определить содержится ли в результате измерений систематическая погрешность, случайная погрешность? Каким образом можно исключить влияние этих погрешностей на результат измерения?
7. Дайте определение основным терминам: мера, образцовый

прибор, рабочий прибор, эталон, прямое измерение, косвенное измерение, равноточное измерение, неравноточное измерение.

8. Дайте определение понятиям: абсолютная погрешность, относительная погрешность, приведённая погрешность, среднеквадратичная погрешность, предельная погрешность. Погрешности систематические и случайные.

9. Дайте определение понятиям: основная, дополнительная и динамические погрешности прибора, класс точности, вариация показаний прибора.

10. Все ли эталоны основных физических величин реализованы в соответствии с их определением в системе SI?

11. Что такое «1 метр», «1 килограмм», «1 секунда»? Каким образом выбраны эти единицы?

12. Системы единиц физических величин. Укажите основные преимущества системы единиц SI в сравнении с прежними системами единиц.

13. Приведите классификацию средств измерения по конструктивному исполнению.

14. Классифицируйте величины с учетом различных признаков.

15. В чем заключаются основные постулаты метрологии?

16. При определении температурного коэффициента для резистора измеряют значения его электрического сопротивления в рабочем и предельном диапазонах температур. В итоге получают систему уравнений. Для каждого из этих уравнений коэффициенты известны — они получены в результате прямых измерений. В результате, каких измерений получено значение температурного коэффициента?

17. По каким признакам классифицируются методы измерений?

18. В каких случаях при метрологической экспертизе с достаточным основанием можно считать, что единство и достоверность измерений обеспечиваются?

19. Классифицируйте измерение силы электрического тока с помощью амперметра прямого включения на 5А и измерение сопротивления в электрической цепи методом "амперметра-вольтметра" с использованием зависимости закона Ома для цепи постоянного тока.

20. Какого класса точности нужно взять измерительный прибор, чтобы в середине шкалы его погрешность измерения не превышала 1%?

21. Постройте графическое изображение для пределов допускаемых относительных погрешностей средств измерений, если они выражаются как:

а) $\delta_1 = \pm c$;

б) $\delta_2 = [c + d(X_k/X - 1)]$.

22. По каким законам изменяется (или не изменяется) предел относительной погрешности в случаях выражения ее:

- а) одночленной формулой $\delta_1 = \pm 100\Delta/X$;
б) многочленной формулой $\delta_2 = \pm [c + d(X_k/X - 1)]$.

23. Постройте графическое изображение для выражений абсолютной погрешности $\Delta = f(x)$:

- а) $\Delta_1 = \pm a$;
б) $\Delta_2 = (a + bX)$,

где a, b — постоянные величины; X — измеренное значение.

24. Показание аналогового электронного частотомера класса точности 1,0 на пределе 100 Гц равно 100 Гц. Цифровой частотомер, включенный параллельно аналоговому, показывает 99,1 Гц. Определите, соответствует ли аналоговый частотомер своему классу точности?

25. Определите относительную погрешность измерения в начале шкалы (для 30 делений) для прибора класса 0,5, имеющего шкалу 100 делений. На сколько эта погрешность больше погрешности на последнем — сотом делении шкалы прибора?

26. Основная приведенная погрешность амперметра, рассчитанного на ток 10А, составляет 2,5%. Определите гарантированную абсолютную погрешность для первой отметки шкалы (1 А).

27. Температура в масляном термостате измеряется образцовым палочным стеклянным термометром и поверяемым парогазовым термометром. Первый показал 115°C, второй 113°C. Определите истинное значение температуры, погрешность поверяемого прибора, поправку к его показаниям и оцените относительную погрешность термометра.

28. Сколько измерений электрического сопротивления резистора надо сделать омметром класса 1,0, чтобы определить ее с погрешностью 0,1%?

29. При измерении напряжения вольтметром с пределом измерения 100В получено показание 50В. Каковы наибольшие возможные абсолютная и относительная погрешности измерения, если класс точности вольтметра 0,1?

30. При поверке рабочего ваттметра по образцовому получены показания соответственно 190 Вт и 193 Вт. Оцените относительную погрешность рабочего ваттметра.

31. Оцените относительную и абсолютную погрешности косвенного измерения мощности, если ток 5А измерен с погрешностью $\pm 1\%$, а напряжение 100В — с погрешностью $\pm 0,5\%$.

32. Необходимо измерить ток $I = 4$ А. Имеются два амперметра: один класса точности 0,5 имеет верхний предел измерения 20 А, другой класса точности 1,5 имеет верхний предел измерения 5 А. Определите, у какого прибора меньше предел допускаемой основной относительной погрешности, и какой прибор лучше использовать для измерения тока $I = 4$ А.

33. Для измерения напряжения $U = 9,5$ В используются два вольтметра: класса точности 1,0, имеющий верхний предел измерения 50

В; класса точности 1,5, имеющий предел измерения 10 В. Определите, при измерении каким вольтметром наибольшая относительная погрешность измерения напряжения меньше и во сколько раз.

34. Измеряют напряжение двумя параллельно включенными вольтметрами: V1 — класса точности 2,5 с пределом измерения $U_{K1}=30\text{В}$ и V2 — класса точности 1,0 с пределом измерения $U_{K2}=150\text{В}$. Показания какого вольтметра точнее, если первый показал $U_1=29,2\text{В}$, а второй $U_2=30,0\text{В}$?

35. Можно ли утверждать, что тахометр, рассчитанный на измерения до 1000 мин^{-1} класса точности 1,5, измеряет 500 оборотов вала в минуту с погрешностью 1,5 %?

36. Микроамперметр на 100 мкА имеет шкалу в 200 делений. Определите цену деления и возможную погрешность в делениях шкалы, если на шкале прибора имеется обозначение класса точности 1,0.

37. Поправка к показанию прибора в середине его шкалы $C=+1$ ед. Определите абсолютную погрешность и возможный класс точности прибора, если его шкала имеет 100 делений = 100 ед.

38. Повернется вольтметр класса точности 1,5 с пределами измерения 0-30В методом сравнения с показаниями образцового вольтметра класса точности 0,5. Заведомо известно, что погрешность образцового прибора находится в допускаемых пределах ($\pm 0,5\%$ от верхнего предела измерений), но максимальна. Как исключить влияние этой погрешности образцового прибора на результат поверки, чтобы не забраковать годный прибор?

39. Методом «вольтметра-амперметра» необходимо определить значение сопротивления резистора и абсолютную погрешность измерения, если получены следующие данные: $U=50\text{В}$, прибором класса точности 1,0 на шкале 150В, $I=100\text{ мА}$; прибором класса точности 2,2 на шкале 200 мА.

40. Сопротивление R составлено из параллельно включенных сопротивлений R_1 и R_2 , математические ожидания и среднеквадратические отклонения которых: $mR_1=12\text{ Ом}$; $mR_2=15\text{ Ом}$; $\sigma_1=1\text{ Ом}$; $\sigma_2=0,5\text{ Ом}$. Найдите математическое ожидание mR и среднеквадратическую погрешность σ_R сопротивления R .

41. Мощность, потребляемая нагрузочным реостатом ($R_n = 250\text{ Ом}$), рассчитывается по формуле: $N = \frac{U^2}{R_n}, \text{Вт}$, где U — показание вольтметра ($U_K = 50\text{ В}$; кл. точности 0,5/0,25); R_n — значение нагрузочного реостата выбранного с погрешностью $\gamma_{np}=0,25\%$. Рассчитать погрешность измерения мощности, выделяемой на нагрузочном сопротивлении, если $U=4,1\text{ В}$.

42. При поверке амперметра с верхним пределом измерения 5 А в точках шкалы 1; 2; 3; 4; 5 А получили соответственно следующие показания образцового прибора 0,95; 2,07; 3,045; 4,075; 4,95 А.

Определите: абсолютные, относительные и приведенные погрешности в каждой точке шкалы амперметра. К какому классу точности можно отнести амперметр по результатам поверки.

43. При определении класса точности ваттметра, рассчитанного на 750 Вт, получили следующие данные: 47 Вт — при мощности 50 Вт; 115 Вт - при 100 Вт; 204 Вт - при 200 Вт; 413 Вт - при 400 Вт; 728 Вт - при 750 Вт. Каков класс точности прибора?

44. Произведен ряд независимых наблюдений напряжения в вольтах: 248, 247, 249, 248, 247, 249. Предполагая, что систематической погрешностью можно пренебречь, определите оценку истинного значения измеряемого напряжения U и среднеквадратические погрешности метода измерения σ и результата измерения σ_{cp} .

45. При измерении падения напряжения на нагрузке вольтметром было получено 6 значений в вольтах: 32; 33; 34; 30; 32; 32. Погрешность от подключения вольтметра в цепь составила -0,8В. Определите математическое ожидание и среднеквадратическую погрешность при доверительной вероятности 0,9.

46. При многократном взвешивании массы груза m получены 8 значений в кг: 99.8, 99.9; 101.1; 100; 99.9; 101.2; 101.1; 98.9. Определите истинное значение массы и среднеквадратическое отклонение, если известно, что систематическая погрешность отсутствует. Запишите результат измерения массы в виде доверительного интервала с доверительной вероятностью $P=0,99$.

47. В результате равноточных измерений получено 10 значений напряжения в вольтах: 11; 10,5; 11,3; 10; 11,1; 10,2; 11,4; 11,8; 10,2; 10,6. Определите математическое ожидание и доверительный интервал измеряемого напряжения с доверительной вероятностью $\gamma = 0,95$.

48. Приборами разного класса точности замерены значения сопротивления ряда резисторов: Кл. 2,0 – 243 Ом, 246 Ом, 238 Ом, 245 Ом; Кл. 1,5 – 239 Ом, 240 Ом, 238 Ом, 242 Ом. Рассчитайте среднее значение сопротивления указанного ряда резисторов и его среднеквадратическое отклонение.

49. Определите интервал времени между одноименными переходами двух синусоидальных сигналов через ноль для частоты 1кГц, если фазометр показывает угол 90°.

50. Измерение мощности P в активной нагрузке сопротивлением $R = 100 \pm 5$ Ом определяется с помощью вольтметра класса точности $\gamma = 1,5$ с пределом измерения $U_k = 300$ В. Оценить измеренную мощность и погрешность если прибор показал $U=240$ В.

51. Рассчитать относительную погрешность и записать результат измерения частоты, если в паспорте на прибор его погрешность нормирована классом точности 0,05/0,02; диапазон шкалы равен $10 \div 10^3$ Гц; отсчет показаний по шкале составляет 783 Гц. Определить рабочий

диапазон для $\delta=15\%$.

52. В цепь с сопротивлением $R=49$ Ом и источником тока с $E=10$ В и $R_{\text{вн}}=1$ Ом включили амперметр сопротивлением $R_1=11$ Ом.

а) Определите показания амперметра I и вычислите относительную погрешность δ его показания, возникающую из-за того, что амперметр имеет определенное сопротивление, отличное от нуля.

б) Классифицируйте погрешность.

53. При измерении емкости конденсатора были получены следующие результаты (в пФ):

40,40; 40,42; 40,38; 40,00; 40,37; 40,41; 40,35; 40,39; 40,51; 40,35

Анализ результатов показывает, что 9-й результат существенно отличается от остальных в совокупности полученных результатов. Требуется проверить, не содержит ли этот результат грубую погрешность. Уровень доверительной вероятности $P_d=0,995$. Закон распределения погрешности считать нормальным.

54. В результате пяти измерений физической величины x одним прибором, не имеющим систематической погрешности, получены следующие результаты: 92; 94; 103; 105; 106. Определите: 1) выборочное среднее M_x измеряемой величины; 2) выборочную дисперсию D_x и оценку среднеквадратического отклонения.

55. Амперметр, класс точности которого обозначен 1.5, имеющий нулевую отметку посередине шкалы и два конечных значения, равных $-3A$ и $3A$, использован для измерения постоянного тока. Необходимо оценить пределы допускаемой абсолютной погрешности результата в 2,5 А.

56. Погрешность измерения напряжения ΔU распределена по нормальному закону, причем систематическая погрешность ΔU_c равна нулю, а σ равна 50 мВ. Найдите вероятность того, что результат измерения U отличается от истинного значения напряжения $U_{\text{и}}$ не более, чем на 120 мВ.

57. Погрешность частотомера нормирована путем указания интервалов измерения частоты гармонического сигнала в пределах, которых величина погрешности не превышает заданного значения. Относительная погрешность не превышает:

0,1% – для диапазона частот $10-10^6$ Гц

0,5% – $5-2 \cdot 10^6$ Гц

2,5% – $1-4 \cdot 10^6$ Гц

10,0% – $0,25-10^7$ Гц

Определите значение относительной погрешности измерения частоты 2,5 МГц?

58. Погрешность измерения напряжения ΔU распределена по нормальному закону, причем систематическая погрешность $\Delta U_c=10$ мВ, а σ равна 30 мВ. Найдите вероятность того, что результат измерения U

отличается от истинного значения напряжения $U_{\text{И}}$ не более, чем на 110 мВ.

59. Индуктивность образцово́й катушки равна: (2500 ± 2) мкГн, $P=0,99$. Проведен ряд наблюдений индуктивности этой катушки мостом, мГн: 2,515; 2,500; 2,520; 2,510; 2,515; 2,525; 2,520; 2,530; 2,515. Определите доверительный интервал измерения индуктивности с вероятностью 0,95.

60. В результате поверки амперметра установлено, что 80 % погрешностей результатов измерений, произведенных с его помощью, не превосходит ± 40 мА. Считая, что погрешности распределены по нормальному закону с нулевым математическим ожиданием, найдите вероятность того, что погрешность результата измерения превысит ± 60 мА.

61. Погрешность результата измерения тока распределена равномерно в интервале от -2 до +4 мА. Найдите систематическую погрешность результата измерения; среднеквадратическое отклонение результата измерения; вероятность того, что исправленный результат измерения отличается от истинного значения измеряемого тока не более чем на 1 мА.

62. В условиях нормального распределения найдено, что среднее арифметическое результатов измерений и их СКО соответственно равны 24,022 и 0,012. Число измерений равно 9. Определите вероятность того, что истинное значение равно 24,014.

63. При измерении температуры были получены следующие результаты (в °С): 25,4; 25,0; 25,3; 24,8; 25,9; 26,9; 25,2; 24,4; 25,1; 24,9. Анализ результатов показывает, что 6-й результат существенно отличается от остальных в совокупности полученных результатов. Требуется проверить, не содержит ли этот результат грубую погрешность. Уровень доверительной вероятности $P_d = 0,995$. Закон распределения погрешности считать нормальным.

64. Случайная величина x подчинена равномерному закону в интервале от -5 до 5. Определить математическое ожидание и дисперсию величины $y=8x^3$.

65. Погрешность измерения мощности ваттметром распределена по нормальному закону. Систематическая погрешность равна 0, а СКО результатов измерения составляет 60 мВт. Определите вероятность того, что результат измерения отличается от истинного значения мощности более чем на $\Delta_1=144$ мВт и $\Delta_2=120$ мВт.

66. В условиях нормального распределения погрешности измерения получены следующие оценки результатов измерения: средняя арифметическая длина стержня 13,043 м и ее СКО 0,028 мм. Число измерений равно 4. Определить вероятность того, что измеряемая величина находится в интервале от 13,113 до 12,973 мм.

67. Погрешность измерения Δ имеет равномерное распределение от $-с$ до $+с$ и симметрична относительно начала координат. Определить

математическое ожидание погрешности, дисперсию и СКО погрешности от среднего значения. Подсчитать СКО погрешности при $s=0,1$ мм.

68. Сообщение передается квантованными по амплитуде импульсами с шагом квантования 1 В, погрешность которого равномерно распределена в пределах интервала квантования с нулевым средним значением. Определите дисперсию (мощность шума квантования) погрешности квантования.

69. Случайная величина x подчинена равномерному закону в интервале от 0 до 2. Определить математическое ожидание и дисперсию величины $y=3x^3$.

70. Случайная величина x , распределенная равномерно в диапазоне $-a < x \leq a$, подвергается квадратичному преобразованию $y=x^2$. Определить дифференциальную и интегральную функции распределения $p(y)$ и $F(y)$.

71. Погрешность измерения расхода расходомером распределена по нормальному закону. Систематическая погрешность равна 0, а СКО результатов измерения составляет $5\text{ м}^3/\text{час}$. Определите вероятность того, что результат измерения отличается от истинного значения мощности более чем на $\Delta_1=45\text{ м}^3/\text{час}$ и $\Delta_2=55\text{ м}^3/\text{час}$.

72. Случайная погрешность измерения тока распределена по нормальному закону. При обработке результатов измерений получены следующие оценки погрешностей: систематическая погрешность $\Delta I=+10\text{ мА}$; оценка СКО – $S=\pm 14\text{ мА}$. Определить вероятность того, что результат измерения отличается от истинного значения не более чем на $\Delta I=\pm 30\text{ мА}$, при условии, что поправка на систематическую погрешность не вводится.

73. Сущность стандартизации.

74. Функции стандартизации

75. Цели стандартизации.

76. Методы стандартизации

77. Нормативные документы по стандартизации в РФ.

78. Виды стандартов.

79. Правовые основы стандартизации в РФ.

80. Органы и службы стандартизации в РФ

81. Опережающая стандартизация.

82. Задачи стандартизации.

83. Параметрическая стандартизация.

84. Система предпочтительных чисел.

85. Межгосударственная система стандартизации.

86. Международная стандартизация.

87. Метрологический государственный контроль и надзор. Российская система калибровки.

88. Применение международных и национальных стандартов на территории России.

89. Виды классификаторов.
90. Государственный контроль и надзор за соблюдением требований государственных стандартов
91. Правовые основы обеспечения единства измерений.
92. Основные положения закона РФ «Об обеспечении единства измерений».
93. Структура и функции метрологической службы.
94. Сформулируйте основные требования к аттестованным методикам выполнения измерений.
95. В чем суть метрологической экспертизы НТД?
96. Основные принципы взаимосвязки стандартов.
97. Международные стандарты ИСО серии 9000. Система менеджмента качества.
98. Технические комитеты по стандартизации.
99. Сущность сертификации.
100. Социально-экономические функции и эффективность сертификации.
101. Законодательная база сертификации.
102. Принципы сертификации.
103. Цели сертификации.
104. Система сертификации. Основные функции системы.
105. Схемы сертификации.
106. Участники сертификации.
107. Знаки соответствия.
108. Принципы, правила и порядок проведения сертификации продукции.
109. Деятельность ИСО в области сертификации.
110. Сертификация в ЕС.
111. Сертификация в СНГ.
112. Аттестация и аккредитация.
113. Оценка соответствия и ее формы.
114. Принципы и формы подтверждения соответствия.
115. Обязательное подтверждение соответствия.
116. Добровольное подтверждение соответствия.
117. Что такое подтверждение соответствия? Назовите его цели и принципы.
118. В чем смысл декларирования соответствия? Организация обязательной сертификации.
119. Что такое аккредитация органов по сертификации и испытательных лабораторий?
120. Государственный контроль в области сертификации.

1.6 Примеры решения и оформления задач

Задача 1. Последовательно с резистором включен амперметр класса точности 0,5 с диапазоном показаний (0÷5) А. Показание амперметра $I = 2,0$ А; существенна только основная погрешность прибора. Номинальное значение сопротивления резистора $R = 1$ Ом; предел допускаемого относительного отклонения реального сопротивления от номинального $\delta_{R,n} = 0,5$ %. Определите мощность рассеяния резистора $P_{\text{расс}}$. Представить результат в виде доверительного интервала для доверительной вероятности $P = 1$.

Решение: Поскольку измерение мощности рассеяния резистора является косвенным, то значения мощности $P_{\text{расс}}$ и погрешности $\Delta P_{\text{расс}}$ мощности рассчитываются по формулам (19) и (20) соответственно:

$$P_{\text{расс}} = f(I, R)$$

$$P_{\text{расс}} = I^2 \cdot R = 2.0^2 \cdot 1 = 4 \text{ Вт}$$

$$\Delta P_{\text{расс}} = \sqrt{\left(\frac{\partial f}{\partial I} \Delta I\right)^2 + \left(\frac{\partial f}{\partial R} \Delta R\right)^2},$$

где ΔI и ΔR – абсолютные погрешности измерения тока и сопротивления.

Так как по условию задачи задан класс точности и диапазон показаний амперметра, то можно определить ΔI . Так как класс точности амперметра задан числом, то согласно таблице 1 это означает, что, т.е. $\gamma(x) = \pm 0,5\%$. Тогда исходя из (3):

$$\gamma = \Delta I \cdot 100 / I_N = 0,5.$$

Отсюда определяем значение абсолютной погрешности:

$$\Delta I = \gamma \cdot I_N / 100 = 0,5 \cdot 5 / 100 = 0,025 \text{ А}.$$

Поскольку относительная погрешность сопротивления $\delta_{R,n} = 0,5$ %, то по (2) можно определить абсолютную погрешность сопротивления:

$$\Delta R = \delta_{R,n} \cdot R / 100 = 0,5 \cdot 1 / 100 = 0,001 \text{ Ом}.$$

Частные производные от $P_{\text{расс}}$ по току и сопротивлению равны:

$$\frac{\partial P_{\text{расс}}}{\partial I} = (I^2 R)_I = 2IR; \quad \frac{\partial P_{\text{расс}}}{\partial R} = (I^2 R)_R = I^2.$$

Тогда:

$$\Delta P_{\text{расс}} = \sqrt{(2IR\Delta I)^2 + (I^2\Delta R)^2} = \sqrt{(2 \cdot 2.0 \cdot 1 \cdot 0.025)^2 + (2.0^2 \cdot 0.001)^2} = 0.1 \text{ Вт}$$

Результат в виде доверительного интервала для доверительной вероятности $P_\delta = 1$ запишется в виде:

$$P_{\text{расс}} = (4,0 \pm 0,1) \text{ Вт}; P_\delta = 1$$

Ответ: $P_{\text{расс}} = (4,0 \pm 0,1) \text{ Вт}; P_\delta = 1$

2 Критерии оценки выполнения контрольной работы

За контрольную работу обучающийся может получить максимально 25 баллов.

Работа считается зачтенной, обучающемуся выставляется максимальный балл – 21-25, если он выполнил работу в полном объеме (выполнены все задания по варианту), системно, глубоко и прочно усвоил материал курса; четко и правильно отвечает на вопросы на защите, но возможно допускает 1-2 неточности в ответе. Работа выполнена аккуратно и с учетом всех требований.

Работа считается зачтенной, обучающемуся выставляется 15-20, если он выполнил правильно более 80% заданий (или в полном объеме, но допустил 1-2 ошибки в решении), правильно отвечает на вопросы на защите. Работа выполнена аккуратно, но не в полном объеме учтены требования к оформлению.

Работа считается зачтенной, обучающемуся выставляется 10-15, если он выполнил правильно более 60% заданий (или в полном объеме, но допустил 1-2 ошибки в решении), не уверенно отвечает на вопросы на защите или допускает 1-2 неточности в ответе. Работа выполнена аккуратно, но не в полном объеме учтены требования к оформлению.

Работа считается не зачтенной и отправляется на доработку, если обучающийся выполнил менее 60% заданий, предусмотренных вариантом. Работа выполнена не аккуратно, без учета требований к оформлению.

Список используемой литературы

1. Метрология, стандартизация и сертификация: учебник/ А.Г. Сергеев, В. В. Терегеря. - М.: ИД Юрайт, 2011.- 820 с.

2. Тартаковский Д. Ф. Метрология, стандартизация и технические средства измерений: учебник для обучающихся вузов / Д. Ф. Тартаковский, А. С. Ястребов. - 2-е изд., перераб. и доп. - М.: Высшая школа, 2009.- 213 с.

3. Димов, Ю. В. Метрология, стандартизация и сертификация: учебник для студентов вузов, обучающихся по направлению подготовки бакалавров и магистров, и дипломированных специалистов в области техники и технологии / Ю.В. Димов. - 4-е изд. - Спб.; Питер, 2013.- 432с.:ил.

4. "Об обеспечении единства измерений": федеральный закон от 26.06.2008 г. N 102-ФЗ // Собрание законодательства РФ. – 2008. – № 26. – Ст. 3021.

5. О техническом регулировании: федеральный закон от 27.12.2002. - М.: Ось-89, 2003. - 48 с. -

Приложение А

Таблица А.1

Значения функции Лапласа $\Phi(x)$

x	$\Phi(x)$	x	$\Phi(x)$	x	$\Phi(x)$	x	$\Phi(x)$
0,00	0,0000	0,32	0,1255	0,66	0,2389	0,96	0,3315
0,01	0,004	0,33	0,1293	0,65	0,2422	0,97	0,334
0,02	0,008	0,34	0,1331	0,66	0,2454	0,98	0,3365
0,03	0,012	0,35	0,1368	0,67	0,2486	0,99	0,3389
0,04	0,016	0,36	0,1406	0,68	0,2517	1,00	0,3413
0,05	0,0199	0,37	0,1443	0,69	0,2549	1,01	0,3438
0,06	0,0239	0,38	0,148	0,70	0,258	1,02	0,3461
0,07	0,0279	0,39	0,1517	0,71	0,2611	1,03	0,3485
0,08	0,0319	0,4	0,1554	0,72	0,2642	1,04	0,3508
0,09	0,0359	0,41	0,1591	0,73	0,2673	1,05	0,3531
0,1	0,0398	0,42	0,1628	0,74	0,2703	1,06	0,3554
0,11	0,0468	0,43	0,1664	0,75	0,2734	1,07	0,3577
0,12	0,0478	0,44	0,17	0,76	0,2764	1,08	0,3599
0,13	0,0517	0,45	0,1736	0,77	0,2794	1,09	0,3612
0,14	0,0557	0,46	0,1772	0,78	0,2823	1,10	0,3643
0,15	0,0596	0,47	0,1808	0,79	0,2852	1,11	0,3665
0,16	0,0636	0,48	0,1844	0,80	0,2881	1,12	0,3686
0,17	0,0675	0,49	0,1879	0,81	0,291	1,13	0,3708
0,18	0,0714	0,5	0,1915	0,82	0,2939	1,14	0,3729
0,19	0,0753	0,51	0,195	0,83	0,2967	1,15	0,3749
0,2	0,0793	0,52	0,1985	0,84	0,2995	1,16	0,377
0,21	0,0832	0,53	0,2019	0,85	0,3023	1,17	0,379
0,22	0,0871	0,54	0,2054	0,86	0,3051	1,18	0,381
0,23	0,091	0,55	0,2088	0,87	0,3078	1,19	0,383
0,24	0,0948	0,56	0,2123	0,88	0,3106	1,20	0,3849
0,25	0,0987	0,57	0,2157	0,89	0,3133	1,21	0,3869
0,26	0,1026	0,58	0,219	0,90	0,3159	1,22	0,3883
0,27	0,1064	0,59	0,2224	0,91	0,3186	1,23	0,3907
0,28	0,1103	0,6	0,2257	0,92	0,3212	1,24	0,3925
0,29	0,1141	0,61	0,2291	0,93	0,3238	1,25	0,3944
0,3	0,1179	0,62	0,2324	0,94	0,3264	1,26	0,3962
0,31	0,1217	0,63	0,2357	0,95	0,3289	1,27	0,398

Продолжение таблицы А.1

x	$\Phi(x)$	x	$\Phi(x)$	x	$\Phi(x)$	x	$\Phi(x)$
1,28	0,3997	1,60	0,4452	1,92	0,4726	2,48	0,4934
1,29	0,4015	1,61	0,4463	1,93	0,4732	2,50	0,4938
1,30	0,4032	1,62	0,4474	1,94	0,4738	2,52	0,4941
1,31	0,4049	1,63	0,4484	1,95	0,4744	2,54	0,4945
1,32	0,4066	1,64	0,4495	1,96	0,475	2,56	0,4948
1,33	0,4082	1,65	0,4505	1,97	0,4756	2,58	0,4951
1,34	0,4099	1,66	0,4515	1,98	0,4761	2,60	0,4953
1,35	0,4115	1,67	0,4525	1,99	0,4767	2,62	0,4956
1,36	0,4131	1,68	0,4535	2,00	0,4772	2,64	0,4959
1,37	0,4147	1,69	0,4545	2,02	0,4783	2,66	0,4961
1,38	0,4162	1,70	0,4554	2,04	0,4793	2,68	0,4963
1,39	0,4177	1,71	0,4564	2,06	0,4803	2,70	0,4965
1,40	0,4192	1,72	0,4573	2,08	0,4812	2,72	0,4967
1,41	0,4207	1,73	0,4582	2,10	0,4821	2,74	0,4969
1,42	0,4222	1,74	0,4591	2,12	0,483	2,76	0,4971
1,43	0,4236	1,75	0,4599	2,14	0,4838	2,78	0,4973
1,44	0,4251	1,76	0,4608	2,16	0,4846	2,80	0,4974
1,45	0,4265	1,77	0,4616	2,18	0,4854	2,82	0,4976
1,46	0,4279	1,78	0,4625	2,20	0,4861	2,84	0,4977
1,47	0,4292	1,79	0,4633	2,22	0,4868	2,86	0,4979
1,48	0,4306	1,80	0,4641	2,24	0,4875	2,88	0,498
1,49	0,4319	1,81	0,4649	2,26	0,4881	2,90	0,4981
1,50	0,4332	1,82	0,4656	2,28	0,4887	2,92	0,4982
1,51	0,4345	1,83	0,4664	2,30	0,4893	2,94	0,4984
1,52	0,4357	1,84	0,4671	2,32	0,4898	2,96	0,49846
1,53	0,437	1,85	0,4678	2,34	0,4904	2,98	0,49856
1,54	0,4382	1,86	0,4686	2,36	0,4909	3,00	0,49865
1,55	0,4394	1,87	0,4693	2,38	0,4913	3,20	0,49931
1,56	0,4406	1,88	0,4699	2,40	0,4918	3,40	0,49966
1,57	0,4418	1,89	0,4706	2,42	0,4922	3,60	0,49984
1,58	0,4429	1,90	0,4713	2,44	0,4927	3,80	0,499928
1,59	0,4441	1,91	0,4719	2,46	0,4931	4,00	0,499968
						5,00	0,499997

Приложение Б

Таблица Б.1

Квантили критерия Романовского $R_{кр}$

n	$\alpha = 1 - p$				
	0.1	0.05	0.001	0.005	0.0001
1	1,282	1,645	2,326	2,576	3,09
2	1,632	1,955	2,575	2,807	3,29
3	1,818	2,121	2,712	2,935	3,403
4	1,943	2,234	2,806	3,023	3,481
5	2,036	2,319	2,877	3,090	3,540
6	2,111	2,386	2,934	3,143	3,588
7	2,172	2,442	2,981	3,188	3,628
8	2,224	2,49	3,022	3,227	3,662
9	2,269	2,531	3,057	3,26	3,692
10	2,309	2,568	3,089	3,29	3,719
15	2,457	2,705	3,207	3,402	3,82
20	2,559	2,799	3,289	3,480	3,890
∞	3,528	3,703	4,108	4,263	4,607

Таблица Б.2

Квантили критерия Стьюдента t

$f=n-1$	$p=1-\alpha$							
	0.80	0.90	0.95	0.98	0.99	0.995	0.998	0.999
1	3.0770	6.3130	12.7060	31.8200	63.6560	127.656	318.3060	636.6190
2	1.8850	2.9200	4.3020	6.9640	9.9240	14.0890	22.3270	31.5990
3	1.6377	2.35340	3.1820	4.5400	5.8400	7.4580	10.2140	12.9240
4	1.5332	2.13180	2.7760	3.7460	4.6040	5.5970	7.1730	8.6100
5	1.4759	2.01500	2.5700	3.6490	4.0321	4.7730	5.8930	6.8630
6	1.4390	1.9430	2.4460	3.1420	3.7070	4.3160	5.2070	5.9580
7	1.4149	1.8946	2.3646	2.9980	3.4995	4.2293	4.7850	5.4079
8	1.3968	1.8596	2.3060	2.8965	3.3554	3.8320	4.5008	5.0413
9	1.3830	1.8331	2.2622	2.8214	3.2498	3.6897	4.2968	4.7800
10	1.3720	1.8125	2.2281	2.7638	3.1693	3.5814	4.1437	4.5869
15	1.3406	1.7530	2.1314	2.6025	2.9467	3.2860	3.7320	4.0720
20	1.3253	1.7247	2.0860	2.5280	2.8453	3.1534	3.5518	3.8495
∞	1.3030	1.6839	2.0211	2.4233	2.7045	3.9712	3.3069	3.5510