

Министерство образования Республики Беларусь
Учреждение образования
«Белорусский государственный университет
информатики и радиоэлектроники»

Кафедра метрологии и стандартизации

МЕТРОЛОГИЯ

Методические указания к контрольной работе
для студентов специальности
1-38 02 03 «Техническое обеспечение безопасности»
заочной формы обучения

Минск БГУИР 2012

УДК 006.91(076)
ББК 30.10я73
М54

Составители:
С. В. Ляльков, Ю. А. Гусынина

Рецензент:

доцент кафедры электроники учреждения образования
«Белорусский государственный университет информатики
и радиоэлектроники», кандидат технических наук А. Я. Бельский

Метрология : метод. указания к контр. работе для студ. спец. 1-38 02 03
М54 «Техническое обеспечение безопасности» заоч. формы обуч. / сост.
С. В. Ляльков, Ю. А. Гусынина. – Минск : БГУИР, 2012. – 32 с.

ISBN 978-985-488-705-0.

Приведена рабочая программа дисциплины «Метрология», даны методические
указания к ее изучению, представлены варианты данных для выполнения
контрольной работы.

УДК 006.91(076)
ББК 30.10я73

ISBN 978-985-488-705-0

© Ляльков С. В., Гусынина Ю. А., составление, 2012

© УО «Белорусский государственный университет
информатики и радиоэлектроники», 2012

ВВЕДЕНИЕ

Значение дисциплины «Метрология» при подготовке инженеров в области технической безопасности особенно актуально, если иметь в виду измерение параметров опасных и вредных производственных факторов на рабочих местах, показателей качества средств индивидуальной защиты, безопасность производственного оборудования и технологических процессов при оказании услуг в области технического обеспечения безопасности. Эта дисциплина обеспечивает базовую подготовку инженеров в области метрологии и качественного выполнения измерений.

Дисциплина «Метрология» позволяет более эффективно использовать достижения в области метрологии и измерительной техники, последние разработки в области математической обработки результатов измерений.

Цели изучения дисциплины:

- формирование знаний в области метрологии, измерений и метрологического обеспечения;

- формирование знаний, умений и навыков выполнения качественных измерений и правильного использования средств измерений для получения достоверных результатов с минимальными систематическими погрешностями в различных областях будущей профессиональной деятельности;

- эффективное выявление и оценка погрешностей;

- осуществление математической обработки результатов измерений.

Основные задачи изучения дисциплины определяются квалификационной характеристикой и требованиями к подготовке инженера, а также ее ролью в системе непрерывной подготовки специалиста.

В результате изучения дисциплины студент должен:

знать:

- теоретические основы метрологии;

- систему обеспечения единства измерений;

- задачи измерений, выбор методик выполнения измерений, формы представления результатов измерений;

- виды средств измерений и их метрологические характеристики;

уметь:

- выбирать методики выполнения измерений для решения измерительных задач;

- выполнять математическую обработку результатов измерений;

- выявлять и оценивать погрешности измерений, оценивать неопределенность измерений;

- использовать универсальные средства измерений;

иметь представление:

- об эталонах единиц электрических величин и государственной системе обеспечения единства измерений, базирующейся на их основе;

– об электрорадиоизмерительной аппаратуре пятого поколения, разрабатываемой на основе достижений современной электроники и вычислительной техники.

Изучение дисциплины завершается сдачей зачета, к которому студенты допускаются только при условии успешного выполнения и защиты контрольной и лабораторных работ.

РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

1 Шишкин, И. Ф. Теоретическая метрология : учебник для вузов / И. Ф. Шишкин. – СПб. : Питер, 2010.

2 Метрология и электрорадиоизмерения в телекоммуникационных системах : учеб. пособие / под общ. ред. Б. Н. Тихонова. – М. : Горячая линия–Телеком, 2007.

3 Метрология и электрорадиоизмерения в телекоммуникационных системах : учебник для вузов / В. И. Нефедов [и др.] ; под общ. ред. В. И. Нефедова, А. С. Сигова. – 3-е изд., перераб. и доп. – М. : Высш. шк., 2005.

4 Брянский, Л. Н. Метрология. Шкалы, эталоны, практика. Юбилейная серия научных изданий / Л. Н. Брянский, А. С. Дойников, Б. Н. Крупин ; под общ. ред. М. В. Балахонова. – М. : ВНИИФТРИ, 2004.

5 Нефедов, В. И. Метрология и радиоизмерения / В. И. Нефедов; под ред. В. И. Нефедова. – М. : Высш. шк., 2003.

6 Метрология, стандартизация, сертификация и электроизмерительная техника : учеб. пособие / К. К. Ким [и др.]. – СПб. : Питер, 2008.

7 Елизаров, А. С. Электрорадиоизмерения : учебник для вузов / А. С. Елизаров. – Минск : Выш. шк., 1986.

8 Кострикин, А. М. Теоретическая метрология : учеб. пособие. В 3 ч. Ч. 1 / А. М. Кострикин. – Минск : БГУИР, 1999.

9 Метрология и измерения : учеб.-метод. пособие для инд. работы студ. / А. П. Белошицкий [и др.] ; под общ. ред. С. В. Лялькова. – Минск : БГУИР, 1999.

10 Кириллов, В. И. Метрологическое обеспечение : учеб. пособие. В 4 ч. Ч. 1 / В. И. Кириллов. – Минск : БГУИР, 2003.

11 Басов, В. Г. Информационно-измерительные системы: учеб.-метод. пособие. В 3 ч. Ч. 1 / В. Г. Басов. – Минск : БГУИР, 2006.

12 Дерябина, М. Ю. Планирование измерительного эксперимента и обработка результатов измерений : учеб.-метод. пособие / М. Ю. Дерябина. – Минск : БГУИР, 2007.

13 О внесении изменений и дополнений в Закон Республики Беларусь «Об обеспечении единства измерений» : Закон Респ. Беларусь от 20 июля 2006 г. №163-3 [Электронный ресурс]. – 2010. – Режим доступа: <http://www.gosstandart.gov.by/>.

14 О техническом нормировании и стандартизации : Закон Респ. Беларусь от 5 января 2004 г. №262-З [Электронный ресурс]. – 2010. – Режим доступа: <http://www.gosstandart.gov.by/>.

15 Об оценке соответствия требованиям технических нормативных правовых актов в области технического нормирования и стандартизации : Закон Респ. Беларусь от 5 января 2004 г. №269-З [Электронный ресурс]. – 2010. – Режим доступа: <http://www.gosstandart.gov.by/>.

16 СТБ П 8021-2003 (РМГ 29-99). Система обеспечения единства измерений Республики Беларусь. Метрология. Основные термины и определения. – Введ. 01.01.2004. – Минск : Госстандарт, 2004.

17 ТР 2007/003/ВУ. Единицы измерений, допущенные к применению на территории Республики Беларусь. – Введ. 01.01.2010. – Минск : Госстандарт, 2007.

Библиотека БГУИР

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ И МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ЕЕ ИЗУЧЕНИЮ

ВВЕДЕНИЕ

Роль измерений в науке, технике и обеспечении качества. Задачи и содержание дисциплины, ее значение в профессиональной подготовке инженеров-электромехаников. Рекомендуемая литература.

Основные термины и определения метрологии. Законодательная, теоретическая и прикладная метрология. Единство измерений и единообразие средств измерений.

[1, с. 8 – 14; 8, с. 3 – 5; 16, с. 1 – 11]

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

В процессе изучения темы необходимо получить четкое представление о роли и значении метрологии и измерительной техники в обеспечении технической безопасности современных научных исследований, производства технических устройств и обеспечении их качества. Особое внимание следует уделить изучению терминов и определений в области метрологии и измерительной техники.

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ

1 Почему измерения играют важную роль во всех областях науки, техники и производства? 2 В чем заключается роль измерений в области обеспечения качества продукции и повышении безопасности производства? 3 В чем состоят основные задачи метрологии? 4 Сформулируйте определения основных понятий в области метрологии. 5 Какие вопросы изучает законодательная, теоретическая и прикладная метрология? 6 В чем заключается единство и единообразие средств измерений?

Раздел 1 ОСНОВЫ МЕТРОЛОГИИ

Тема 1.1 ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ И ИХ ЕДИНИЦЫ

Физическая величина как объект измерения. Единица, размерность и значение физической величины. Принцип построения систем единиц физических величин. Международная система единиц СИ. Фундаментальные физические константы.

[1, с. 14–17; 2, с. 6 – 10; 3, с. 13 – 17; 4, с. 18 – 19; 8, с. 5 – 29; 17, с. 1 – 7]

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

При изучении темы необходимо понимать, что такое физическая величина с точки зрения количественного свойства исследуемого объекта. Необходимо различать такие понятия, как единица, размерность и значение

физической величины. Изучении принципа построения систем единиц физических величин начинается с выбора основных и производных величин. Основное внимание следует уделить изучению Международной системы единиц СИ. Необходимо понимать, что фундаментальные физические константы определяют точность, полноту и единство представлений об окружающем нас мире и неразрывно связаны с системами единиц.

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ

1 Характеристикой какого свойства объекта является физическая величина? 2 Сформулируйте определения понятий единица, размерность и значение физической величины. 3 Какой принцип положен в основу построения систем единиц физических величин? 4 Какие физические величины системы СИ являются основными? 5 Что такое производные единицы и какие производные единицы системы СИ вы знаете? 6 Сформулируйте определение понятия фундаментальной физической константы. 7 Какие фундаментальные физические константы существуют в системе СИ?

Тема 1.2 ПОНЯТИЕ ИЗМЕРЕНИЯ. ВИДЫ, ПРИНЦИПЫ И МЕТОДЫ ИЗМЕРЕНИЙ

Измерение, виды и принципы измерения. Критерии классификации измерений: в зависимости от условий, определяющих точность; по способу получения измерительной информации; по способу выражения результатов измерения; в зависимости от характера поведения измеряемой величины. Классификация методов измерения. Метод непосредственной оценки. Метод сравнения.

[2, с. 14 – 18; 3, с. 25 – 31; 7, с. 11 – 14; 8, с. 30 – 40]

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

При изучении темы необходимо знать определение таких понятий, как измерение, виды и принципы измерения, наблюдение и алгоритм измерения. Необходимо знать классификацию измерений в зависимости от различных критериев: от условий, определяющих точность; способов получения измерительной информации; способов выражения результатов измерения; характера поведения измеряемой величины. При изучении методов измерения необходимо понимать, что все они могут делиться на два основных метода: метод непосредственной оценки и метод сравнения. При этом метод сравнения может быть реализован в различных модификациях, суть которых нужно знать и уметь давать им определение.

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ

1 Сформулируйте определения понятий: измерение, виды и принципы измерения, наблюдение и алгоритм измерения. 2 Приведите классификацию измерений в зависимости от условий, определяющих их точность. 3 Приведите

классификацию измерений по способу получения измерительной информации. 4 Приведите классификацию измерений по способу выражения результатов измерения. 5 Приведите классификацию измерений в зависимости от характера поведения измеряемой величины. 6 Что такое метод непосредственной оценки измеряемой физической величины? 7 Дайте определение понятия «метод сравнения». 8 В каких модификациях может реализовываться метод сравнения?

Раздел 2 СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ВЕЛИЧИН

Тема 2.1 ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА СРЕДСТВ ИЗМЕРЕНИЙ

Понятие средства измерения. Классификация средств измерений по техническому и метрологическому назначению.

[2, с. 12 – 14; 3, с. 31 – 32; 7, с. 15 – 17]

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

При изучении темы необходимо знать, что отличает средство измерений от обычного технического или радиоэлектронного устройства. Нужно уметь определять средство измерения как совокупность двух составляющих: по техническому и метрологическому назначению. Необходимо ознакомиться с классификацией средств измерений по техническому назначению и уметь давать им краткую характеристику. Затем следует изучить определения понятий: метрологическая характеристика средства измерения и нормируемые метрологические характеристики. Далее необходимо ознакомиться с классификацией средств измерений по метрологическому назначению.

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ

1 Сформулируйте определение понятия «средство измерения». 2 Какие аспекты этого определения являются метрологическими? 3 Приведите классификацию средств измерений по техническому назначению. 4 Сформулируйте определения понятий: мера, измерительный прибор, измерительный преобразователь, измерительная установка, измерительная система. 5 Сформулируйте определения понятий: «метрологическая характеристика» и «нормируемые метрологические характеристики». 6 Как классифицируются средства измерений по метрологическому назначению?

Тема 2.2 КЛАССИФИКАЦИЯ СРЕДСТВ ИЗМЕРЕНИЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ВЕЛИЧИН

Классификация средств измерений электрических величин: по способу обработки и представления информации, виду измеряемой величины, форме представления показаний, по условиям применения, по назначению, по принципу действия. Обобщенные структурные схемы средств измерений.

[3, с. 33 – 34; 7, с. 46 – 49, 55 – 57]

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

Прежде чем приступить к изучению классификации средств измерений, необходимо представлять себе, что такое средства измерений в широком смысле и для чего они предназначены. Далее необходимо изучить классификацию средств измерений по следующим критериям: по способу обработки и представления информации, виду измеряемой величины, форме представления показаний, по условиям применения, по назначению и принципу действия. При этом в рамках первого из указанных критериев все средства измерений делятся на две большие группы: 1) в зависимости способа обработки измерительной информации и 2) применяемого отсчетного устройства. В рамках второго критерия необходимо знать, на какие 20 подгрупп и какие виды делятся средства измерений, и из каких буквенно-цифровых элементов формируется обозначение типа средства измерения. Необходимо знать, как делятся средства измерений по форме представления показаний, условиям применения, назначению и по принципу действия. При изучении классификации средств измерений по принципу действия необходимо ознакомиться и с обобщенными структурными схемами средств измерений.

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ

1 Для чего предназначено средство измерения в широком смысле этого понятия? 2 Как можно классифицировать совокупность средств измерений по способу обработки и представления информации? 3 Приведите классификацию средств измерений по виду измеряемой величины. 4 Сформулируйте определение понятия тип средства измерений. 5 Как делятся средства измерений по форме представления показаний? 6 Как делятся средства измерений по условиям применения и по назначению? 7 Как делятся средства измерений по принципу действия? 8 Приведите обобщенные структурные схемы средств измерений, реализующих методы прямого преобразования и сравнения.

Тема 2.3 ОСНОВНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ СРЕДСТВ ИЗМЕРЕНИЙ

Технические характеристики средств измерений: назначение, надежность и исправность, рабочие условия эксплуатации, требования к электропитанию и др. Основные метрологические характеристики средств измерений: чувствительность или цена деления шкалы, входной импеданс, вариация показаний, погрешность и класс точности, выходной код, цена единицы младшего разряда, область применения. Статические и динамические характеристики средств измерений.

[2, с. 32 – 42; 3, с. 36 – 38, 84 – 91; 7, с. 49 – 53]

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

При изучении этой темы необходимо учитывать, что каждое средство измерений имеет две группы характеристик: технические и метрологические, указываемые в руководстве по эксплуатации этого средства измерений. При

перечислении технических характеристик нужно знать определение каждой из них: назначение, надежность, метрологическая исправность, климатическое исполнение, требования к электропитанию, времени установления рабочего режима, продолжительность непрерывной работы, требования к электрической прочности и сопротивлению изоляции, безопасность и др. Прежде чем классифицировать метрологические характеристики средств измерений, необходимо ознакомиться с определением понятия метрологическая характеристика и знать его отличие от технической характеристики. При перечислении метрологических характеристик средства измерений нужно знать определение каждой из них: чувствительность или цена деления шкалы, входной импеданс, вариация показаний, погрешность и класс точности, выходной код, цена единицы младшего разряда, область применения. При определении области применения средства измерений необходимо уметь различать диапазоны измеряемых и неизменяемых величин, диапазон показаний и диапазон измерений, а также диапазон возможных значений влияющих величин. Кроме этого, необходимо изучить, что такое статические и динамические характеристики средств измерений.

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ

1 В чем состоит различие между техническими и метрологическими характеристиками средств измерений? 2 Перечислите технические характеристики средств измерений и дайте им определение. 3 Перечислите метрологические характеристики средств измерений и дайте им определение. 4 Как производится нормирование метрологических характеристик средств измерений? 5 Приведите определения статических и динамических характеристик средств измерений.

Тема 2.4 ПОГРЕШНОСТИ СРЕДСТВ ИЗМЕРЕНИЙ

Основные понятия и формы представления погрешностей средств измерений. Нормирование погрешностей средств измерений. Классы точности средств измерений.

[1, с. 21 – 26; 2, с. 36 – 39, с. 42 – 47; 3, с. 88 – 91; 7, с. 50 – 52; 8, с. 45 – 49]

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

При изучении этой темы необходимо знать, что результат измерения той или иной физической величины, полученный при использовании средства измерений, всегда имеет погрешность. В этой теме идет речь об инструментальной погрешности, которая является свойством средства измерений и регламентируется в виде нормируемой метрологической характеристики. Способы нормирования пределов допускаемых погрешностей измерения устанавливаются ГОСТ 8.009, в соответствии с которым приняты три формы выражения погрешностей средств измерений. Обобщенной характеристикой средства измерений является его класс точности, требования к

которому регламентируются ГОСТ 8.401. При этом следует различать основную и дополнительную погрешности средства измерений.

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ

1 Сформулируйте определение погрешности средства измерений. 2 В каких трех формах выражаются погрешности средства измерений? 3 Какие используются способы нормирования основной погрешности средства измерений? 4 Что такое класс точности средства измерений? 5 Как обозначаются классы точности на средствах измерений? 6 Чем определяется основная погрешность средства измерений? 7 Чем определяется дополнительная погрешность средства измерений? Как нормируется дополнительная погрешность средства измерений?

Раздел 3 ПОГРЕШНОСТИ ИЗМЕРЕНИЙ И МАТЕМАТИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА РЕЗУЛЬТАТОВ ИЗМЕРЕНИЙ

Тема 3.1 ПОГРЕШНОСТИ ИЗМЕРЕНИЙ

Погрешность результата измерения. Классификация погрешностей: в зависимости от характера проявления; источника возникновения; характера влияния на результат измерения; формы представления.

[1, с. 38 – 49; 2, с. 25 – 32; 3, с. 48 – 53; 8, с. 40 – 49]

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

Необходимо понимать, что при изучении этой темы пойдет речь о погрешностях результата измерения, которые вызываются не только несовершенством средства измерения, но и метода измерения, непостоянством условий наблюдения, индивидуальными особенностями экспериментатора и т. д. Перечисленные причины возникновения определили классификацию погрешностей в зависимости от характера проявления; источника возникновения; характера влияния на результат измерения и по форме представления. При изучении классификации погрешностей нужно не только знать, как погрешности делятся в рамках каждого критерия, но и уметь на практике классифицировать погрешность измерения по различным критериям.

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ

1 Как в общем случае определить погрешность результата измерения? 2 Что такое истинное и действительное значение измеряемой величины? 3 Как классифицируются погрешности в зависимости от характера проявления? 4 Как классифицируются погрешности в зависимости от источника возникновения? 5 Как классифицируются погрешности в зависимости от характера влияния на результат измерения? 6 Как классифицируются погрешности по форме представления?

Тема 3.2 СИСТЕМАТИЧЕСКИЕ ПОГРЕШНОСТИ ИЗМЕРЕНИЙ

Способы обнаружения и уменьшения систематических погрешностей: до начала измерений, в процессе измерений и после проведения измерений. Суммирование неисключенных остатков систематических погрешностей.

[1, с. 38 – 49; 2, с. 48 – 52; 7, с. 17 – 19; 8, с. 72 – 84]

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

При изучении этой темы начните с определения систематической погрешности и особенностей ее проявления в результате измерения. Наличие систематических погрешностей искажает результат измерения, их отсутствие (или близость к нулю) определяет правильность измерений и высокую квалификацию экспериментатора. Для обнаружения систематических погрешностей необходимо проводить специальные экспериментальные исследования. Минимизировать систематические погрешности можно на каждой стадии измерительного эксперимента: до начала измерений, в процессе измерений и после проведения измерений. Вам необходимо изучить способы уменьшения систематических погрешностей на каждом этапе измерительного эксперимента. Если не удалось исключить систематические погрешности из результата измерения, то их необходимо оценить. Ознакомьтесь с алгоритмом суммирования неисключенных остатков систематических погрешностей.

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ

1 Приведите определение систематической погрешности результата измерений. 2 Какие процедуры необходимо выполнить до начала проведения измерений для уменьшения систематических погрешностей? 3 Какие существуют способы уменьшения систематических погрешностей в процессе измерений? 4 Какие методы обработки результатов измерений используют для исключения систематических погрешностей? 5 Что такое поправка и поправочный множитель? 6 По какому алгоритму суммируют неисключенные остатки систематических погрешностей?

Тема 3.3 СЛУЧАЙНЫЕ ПОГРЕШНОСТИ ИЗМЕРЕНИЙ

Математическое описание случайных погрешностей измерений и их вероятностные характеристики. Точечная и интервальная оценки случайных погрешностей измерений.

[1, с. 82 – 87; 2, с. 52; 7, с. 20 – 24; 8, с. 49 – 72]

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

При изучении этой темы начните с определения случайной погрешности и особенностей ее проявления в результате измерения. Вследствие того, что результат измерения всегда содержит случайную погрешность, он сам является случайной величиной. Поэтому для оценки случайных погрешностей

используется аппарат математической статистики и теория вероятностей и такие понятия, как функция распределения и плотность распределения вероятностей. Основные положения оценки случайных погрешностей регламентируются ГОСТ 8.207. Исходными данными для оценки случайных погрешностей является ряд наблюдений одного и того же значения физической величины. За оценку результата измерения принимается среднее арифметическое ряда наблюдений, за точечную оценку случайной погрешности – среднее квадратическое отклонение результатов измерений. Для определения доверительных границ переходят от точечных к интервальным оценкам случайной погрешности.

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ

1 Приведите определение случайной погрешности результата измерений. 2 Что такое равноточные и неравноточные измерения? 3 Приведите формулу для оценки среднего арифметического значения результата измерений. 4 Каким значением характеризуется случайная погрешность результата каждого наблюдения? 5 По каким формулам определяются точечная и интервальная оценки случайной погрешности результата измерений?

Тема 3.4 МАТЕМАТИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА РЕЗУЛЬТАТОВ ИЗМЕРЕНИЙ

Обработка результатов многократных наблюдений при прямых и косвенных измерениях. Грубые погрешности, методы их обнаружения и исключения. Критерии грубых погрешностей. Критерий ничтожных погрешностей.

Оценка суммарной погрешности результата измерений с многократными наблюдениями. Оценка погрешности измерения с однократными наблюдениями. Показатели точности и формы представления результатов измерений.

[1, с. 107 – 157; 2, с. 60 – 77; 3, с. 66 – 76; 7, с. 24 – 34]

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

Нахождение доверительного интервала случайной погрешности многократных прямых и косвенных равноточных измерений проводится по стандартным алгоритмам, с которыми необходимо ознакомиться и уметь их применять на практике. При обработке многократных наблюдений применяются специальные методы обнаружения и исключения грубых погрешностей, например, критерий грубых погрешностей, позволяющий выявить результаты наблюдений, содержащие такие погрешности, и исключить их из дальнейшей обработки ряда наблюдений. Алгоритм оценки доверительного интервала случайной погрешности косвенных многократных наблюдений содержит критерий ничтожных погрешностей, позволяющий найти те величины, повышение точности измерений которых позволит

уменьшить суммарную погрешность результата косвенного измерения, и наоборот, величины, повышать точность измерения которых не имеет смысла.

Сравнение по величине двух составляющих погрешности результата многократных наблюдений, являющихся разными по характеру проявления (систематической и случайной), проводят при нахождении отношения этих погрешностей. В результате этого либо исключают одну из них при дальнейшем рассмотрении, либо находят суммарную погрешность результата измерения с многократными наблюдениями.

Для однократных измерений не нужна статистическая обработка результатов наблюдений, но необходимо проведение анализа составляющих погрешности результата измерения по источникам возникновения, чтобы достоверно оценить полученный результат по точности. Результат измерений должен быть представлен в стандартной форме, т. е. кроме самого результата должен присутствовать доверительный интервал суммарной погрешности измерений и доверительная вероятность, которой он соответствует.

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ

1 Перечислите этапы нахождения доверительного интервала случайной погрешности многократных прямых измерений. 2 Приведите определение грубой погрешности результата измерений. 3 В чем заключается критерий грубых погрешностей? 4 Перечислите этапы нахождения доверительного интервала случайной погрешности многократных косвенных измерений. 5 В чем заключается критерий ничтожных погрешностей? 6 По какой методике находят суммарную погрешность результата многократных наблюдений? 7 Приведите стандартную форму записи результата измерений.

Раздел 4 МЕТРОЛОГИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

Тема 4.1 ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ МЕТРОЛОГИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ

Законодательство Республики Беларусь об обеспечении единства измерений. Основные положения метрологического обеспечения.

[10, с. 8 – 14; 13]

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

Основные вопросы этой темы изложены в Законе Республики Беларусь «О внесении изменений и дополнений в Закон Республики Беларусь «Об обеспечении единства измерений». При изучении этой темы необходимо усвоить основные термины и определения в области метрологического обеспечения.

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ

1 Что является научной основой метрологического обеспечения? 2 Что является технической основой метрологического обеспечения?

Тема 4.2 НАЦИОНАЛЬНАЯ СИСТЕМА ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЕДИНСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

Государственная система обеспечения единства измерений Республики Беларусь. Метрологическая служба и ее основные задачи и функции.

[10, с. 14 – 39; 13]

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

На государственном уровне достижение и поддержание единства измерений осуществляется в рамках системы обеспечения единства измерений Республики Беларусь (СОЕИ). В рамках этой темы необходимо усвоить основные термины и определения: единство измерений, обеспечение единства измерений, система обеспечения единства измерений Республики Беларусь, метрологическая служба, национальный метрологический институт. Также необходимо изучить организационную структуру СОЕИ. Основным структурным элементом СОЕИ является метрологическая служба со своими задачами и выполняемыми функциями, с которыми необходимо ознакомиться.

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ

- 1 Что является организационной основой метрологического обеспечения?
- 2 Приведите определения таких понятий, как единство измерений, обеспечение единства измерений, система обеспечения единства измерений Республики Беларусь, метрологическая служба, национальный метрологический институт.
- 3 Из каких организационных структурных элементов состоит СОЕИ?
- 4 Приведите определение термина «метрологическая служба».
- 5 Что является основной задачей метрологической службы?
- 6 Для выполнения каких основных функций предназначена метрологическая служба?
- 7 Как вы понимаете термины «государственный метрологический надзор» и «метрологический контроль»?

ТЕМА 4.3 ОСНОВНЫЕ ВИДЫ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ПО ОБЕСПЕЧЕНИЮ ЕДИНСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

Оценка соответствия средств измерений. Аттестация средств измерений и методик выполнения измерений. Поверка и калибровка средств измерений. Стандартная неопределенность по типу А. Стандартная неопределенность по типу В. Определение суммарной стандартной неопределенности. Определение расширенной неопределенности. Методика вычисления неопределенности измерений.

Воспроизведение и передача размеров физических величин. Общая характеристика и классификация эталонов. Поверочные схемы.

[4, с. 71 – 76; 10, с. 72 – 86; 13]

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

При изучении этой темы необходимо усвоить, что такое средство измерений и измерительное оборудование, их роль в СОЕИ и требования, предъявляемые к ним. Кроме этого, иметь представление о государственном реестре средств измерений. Все средства измерений должны соответствовать заявленным характеристикам, подтверждение которых осуществляется при утверждении типа средства измерений, проведении его метрологической аттестации и метрологической пригодности методик выполнения измерений, а также при поверке, калибровке и проведении государственных испытаний средств измерений. По результатам аттестации, поверки и утверждения типа оцениваются погрешности средств измерений, а по результатам калибровки – неопределенность измерений. В зависимости от способа анализа наблюдений различают стандартную неопределенность по типу А и стандартную неопределенность по типу В. Зная неопределенность по типу А и по типу В, находят суммарную стандартную неопределенность результата измерения. Суммарная неопределенность, умноженная на коэффициент охвата, называется расширенной неопределенностью и представляет собой интервал вокруг оценки результата измерения, в пределах которого с заданной вероятностью охвата может находиться результат измерения.

Особое внимание необходимо обратить на систему государственных эталонов и передачу единиц физических величин, знать общую характеристику и классификацию эталонов единиц физических величин по точности. Передача единицы физической величины от эталона рабочему средству измерения осуществляется согласно поверочной схеме, с принципами построения таких схем необходимо ознакомиться.

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ

1 Что представляет собой государственный реестр средств измерений Республики Беларусь? 2 Какие виды метрологического контроля вы знаете? 3 Приведите определение неопределенности измерений. 4 Как определяется неопределенность по типу А? 5 Как определяется неопределенность по типу В? 6 Приведите формулу для оценки суммарной стандартной неопределенности. 7 Что такое коэффициент охвата? 8 Как оценить расширенную неопределенность? 9 Как функционирует система государственных эталонов и обеспечивается передача единиц физических величин от эталонов рабочим средствам измерений? 4 Приведите классификацию эталонов единиц физических величин по точности. 5 Что представляет собой государственный реестр национальных эталонов единиц величин Республики Беларусь? 6 Из каких основных элементов состоит поверочная схема и для чего она предназначена?

Раздел 5 ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ И ПРИМЕНЕНИЯ ИЗМЕРИТЕЛЬНОЙ ТЕХНИКИ

Тема 5.1 ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ СРЕДСТВ ИЗМЕРЕНИЙ

Основные направления развития и совершенствования средств измерений. Основные элементы электроизмерительных приборов. Цифровые измерительные приборы.

[2, с. 94 – 134; 3, с. 95 – 124; 7, с. 93 – 110]

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

Необходимо ознакомиться с основными направлениями развития измерительной техники и иметь представление о перспективах ее развития и совершенствования. Появление новых сложных измерительных приборов невозможно без использования в их составе элементов, построенных на последних достижениях науки и техники. Изучите общие принципы построения цифровых измерительных приборов. В качестве примера ознакомьтесь с измерением напряжения электронными цифровыми вольтметрами (ЦВ) и схемами построения ЦВ постоянного тока, реализующими времяимпульсный, частотно-импульсный и кодоимпульсный методы преобразования. А также изучите принцип действия цифрового частотомера по его структурной схеме и эпюрам напряжения.

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ

1 Какие основные направления развития современной измерительной техники можно перечислить? 2 Дайте определения основным понятиям в области цифровых измерительных приборов: дискретизация во времени, квантование по уровню, цифровое кодирование. Приведите их графическую интерпретацию. 3 Перечислите основные методы аналого-цифрового преобразования электрических сигналов. 4 Приведите структурные схемы электронных цифровых вольтметров, реализующих различные методы аналого-цифрового преобразования. Поясните их принцип действия. 5 Каковы основные причины возникновения погрешностей измерения напряжений в цифровых вольтметрах? 6 Приведите структурную схему цифрового частотомера и поясните принцип его работы. 7 Приведите структурную схему и поясните принцип работы цифрового измерителя интервалов времени. 8 Перечислите источники погрешностей цифровых измерителей частоты и интервалов времени и укажите пути их уменьшения. 9 В чем заключается сущность нониусного метода измерения временных интервалов?

Тема 5.2 АВТОМАТИЗАЦИЯ ИЗМЕРЕНИЙ

Основные направления и принципы автоматизации измерений. Частичная и полная автоматизация. Применение микропроцессоров и микроконтроллеров в измерительных приборах и средствах контроля.

Измерительно-вычислительные комплексы (ИВК) и информационные измерительные системы (ИИС), классификация и основные метрологические и эксплуатационные характеристики. Обобщенная структурная схема и основные функциональные узлы ИИС.

Понятие об интерфейсах. Интегрированные измерительные приборы. Виртуальные измерительные приборы: общие принципы построения и функционирования.

[2, с. 297 – 318; 3, с. 409 – 427; 7, с. 288 – 308; 11, с. 5 – 15; 80 – 89]

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

Необходимость обработки и регистрации больших объемов измерительной информации за ограниченное время привела к созданию автоматизированных средств измерений, которые позволяют автоматизировать процессы измерений и получения результатов при одновременном исключении из них субъективных погрешностей.

При изучении данной темы необходимо усвоить основные направления и принципы автоматизации радиоизмерений, их характерные особенности и возможные пути практической реализации. Следует изучить принципы построения ИВК и ИИС, назначение и взаимосвязь их основных узлов. Необходимо также обратить внимание на особенности построения измерительных приборов с микропроцессорами, их основные преимущества перед обычными измерительными приборами.

Понятие интерфейса в широком и узком смысле слова применительно к радиоэлектронике и метрологии. Назначение интерфейса и его использование в измерительной технике. О двух вариантах схемы интерфейса программно-управляемых средств измерений.

Ознакомьтесь с основными структурными элементами виртуальных измерительных приборов, их общими принципами построения и функционирования.

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ

1 Перечислите основные направления автоматизации радиоизмерений и дайте им характеристику. 2 Дайте сравнительную оценку различным направлениям автоматизации измерений. 3 Перечислите основные признаки полной автоматизации измерений и охарактеризуйте каждый из них. 4 Каковы основные цели использования микропроцессоров в измерительных приборах? На решение каких задач направлено применение микропроцессоров в приборах? 5 Дайте определение и перечислите основные принципы построения ИИС и ИВК. 6 Приведите классификацию, типовые, структурные схемы и перечислите основные характеристики ИИС и ИВК. 7 Приведите определение интерфейса в широком и узком смысле слова. 8 Каково назначение интерфейса в измерительной технике? 9 Из каких основных функциональных элементов состоит виртуальное средство измерения? 10 Что такое пользовательский

интерфейс? 11 Какие графические программные среды получили наибольшее распространение в последнее время?

Раздел 6 ПЛАНИРОВАНИЕ ИЗМЕРИТЕЛЬНОГО ЭКСПЕРИМЕНТА

Роль организации и планирования измерительного эксперимента. Эксперимент как предмет исследования. Задачи планирования эксперимента. Этапы измерения как процесса: постановка измерительной задачи, построение математической модели объекта измерения, планирование измерения, измерительный эксперимент, обработка экспериментальных данных.

Требования к модели объекта измерений: условиям выполнения измерений, средствам измерения, методу измерения, погрешности измерения, числу измерений, оператору, округлению результата измерений. Процедура выбора числа и условий проведения опытов, необходимых и достаточных для описания поведения исследуемого объекта с требуемой точностью. Удобство последующего использования математической модели, ее компактность, содержательность (интерпретируемость).

Пассивный и активный эксперимент. Однофакторные и многофакторные эксперименты.

[12, с. 5 – 17; с. 45, 55 – 73]

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

Измерения всегда базируются на априорной информации, на основе которой строят физическую или математическую модель объекта измерения. Это важный этап планирования эксперимента, так как ошибки, допущенные на этом этапе, в дальнейшем невозможно исправить. Несоответствие реального объекта приписываемой ему модели служит источником методической погрешности. При изучении этой темы следует рассматривать измерительный эксперимент как объект исследования и получения необходимой информации об измеряемом объекте. Следует изучить этапы процесса измерения: постановка измерительной задачи, построение математической модели объекта измерения, планирование измерения, измерительный эксперимент, обработка экспериментальных данных, а также дать им краткую характеристику.

Ознакомьтесь с требованиями, предъявляемыми к составляющим модели объекта измерений: условиям выполнения измерений, средствам измерения, методу измерения, погрешности измерения, числу измерений, оператору, округлению результата измерений. Ознакомьтесь с правилами выбора числа измерений, зависящих как от требований к точности измерений, так и от реальной возможности повторения этих измерений. Использование математической модели на практике определяется удобством, компактностью, содержательностью (интерпретируемостью).

Необходимо уметь классифицировать эксперименты на активные и пассивные, однофакторные и многофакторные.

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ

1 Что следует понимать под планированием измерительного эксперимента? 2 Какие факторы необходимо учитывать при планировании измерительного эксперимента? 3 Чем руководствуются при выборе необходимого количества наблюдений? 4 Запишите математическую модель при однофакторном эксперименте. 5 Запишите математическую модель при многофакторном эксперименте. 6 Какие требования можно предъявить к математической модели измерительного эксперимента в целом? 7 Чем пассивный измерительный эксперимент отличается от активного?

КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА

Выполнение контрольного задания является одной из основных частей самостоятельной работы студентов. Оно способствует успешному усвоению материала, приобретению практических навыков подготовки к измерениям, обработке и оформлению результатов, облегчает подготовку к зачету по дисциплине. Поэтому выполнению контрольных заданий должно быть уделено большое внимание.

1 ОБЩИЕ УКАЗАНИЯ К ВЫПОЛНЕНИЮ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ

Контрольная работа состоит из 10 задач и охватывает разделы 3, 6 и темы 2.4, 4.3. Номера задач, подлежащих включению в вариант контрольной работы, определяются по двум последним цифрам шифра студента и задаются при выдаче данного методического пособия. Номер варианта соответствует последней цифре шифра. Задачи, решенные не по своему варианту, не засчитываются, а работа возвращается студенту без проверки.

Приступать к решению задачи следует только после изучения соответствующей темы. Условие должно быть записано в тетради с контрольным решением полностью. Решения и ответы на вопросы задачи должны быть обоснованными и достаточными, а также выполняться в соответствии с действующими стандартами.

Задачи следует решать в общем виде и только затем подставлять числовые значения в стандартных единицах физических величин. Недостающие данные (если это необходимо) следует задавать самим в общем виде или в пределах реальных значений. Обязательно следует приводить пояснения хода решения. Задачи, представленные без достаточных пояснений, не засчитываются. Окончательные результаты измерений должны быть представлены в соответствии с МИ 1317-2004 или ГОСТ 8.207-76 с указанием размерности физической величины. Решения задач должны заканчиваться четко сформулированными выводами.

Контрольная работа должна выполняться в отдельной тетради, на обложке которой должно быть указано наименование учебной дисциплины, фамилия и инициалы студента, номер шифра и группа.

2 ЗАДАЧИ

В задачах 1 – 5 необходимо определить предел абсолютной и относительной погрешности измерения тока или напряжения, если измерения проводились магнитоэлектрическим прибором с классом точности K и пределом измерения A (таблица 1).

Таблица 1

Параметр	Вариант									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
A_1	100	250	25	150	75	50	300	80	30	60
A_2	150	200	10	75	25	20	500	100	15	30
K_1	2,5	1,0	2,5	4,0,0,001	0,20,003	0,5	2,5	1,5	0,10,004	2,0
K_2	2,0	0,5	4,0	5,0	1,5	1,0	1,5	2,0	0,25	4,0
K_3	1,5	1,0	2,0	0,5	0,4	1,5	1,0	2,0	0,5	0,4
X_1	72	185	7,8	76	21,5	19	282	65	12,8	27,5
X_2	79	180	8,6	70	20,1	18,2	270	63	12,7	25,8
l_x	55	70	15	60	40	35	75	50	20	40

1 Результат измерения $I = X_1$, мА, миллиамперметр с нулем в начале шкалы, класс точности K_1 , предел A_1 , мА.

2 Результат измерения $I = X_1$, мА, миллиамперметр с нулем в середине шкалы, класс точности K_2 , предел $\pm A_1$, мА.

3 Результат измерения $U = X_2$, В, вольтметр с нулем в начале шкалы, класс точности K_1 , предел A_2 , В.

4 Результат измерения $U = X_2$, В, вольтметр с нулем в середине шкалы, класс точности K_2 , предел $\pm A_2$, В.

5 Определить инструментальную абсолютную погрешность измерения сопротивления $R_x = X_1$ кОм с помощью комбинированного прибора, если он имеет класс точности K_3 , длину рабочей части шкалы $L = 80$ мм, отметке R_x соответствует длина шкалы l_x мм (см. таблицу 1).

В задачах 6 – 9 необходимо оценить инструментальные погрешности измерения тока (напряжения) двумя магнитоэлектрическими амперметрами (вольтметрами) с классами точности K_1 и K_2 и указать, какой из результатов получен с большей точностью, а также могут ли показания $I_1 = X_1$, мА ($U_1 = X_1$, мВ) и $I_2 = X_2$, мА ($U_2 = X_2$, мВ) исправных приборов различаться так, как задано в условии (см. таблицу 1).

6 Приборы имеют нули в начале шкалы и пределы измерения A_1 и A_2 , мА.

7 Приборы имеют нули в середине шкалы и пределы измерения $\pm A_1$ и $\pm A_2$, мА.

8 Приборы имеют нули в начале шкалы и пределы измерения A_1 и A_2 , мВ.

9 Приборы имеют нули в середине шкалы и пределы измерения $\pm A_1$ и $\pm A_2$, мВ.

В задачах **10 – 13** необходимо для измерения напряжения U или тока I выбрать магнитоэлектрический вольтметр или амперметр со стандартными пределами измерения и классом точности при условии, что полученный с помощью выбранного прибора результат измерения напряжения или тока должен отличаться от истинного значения Q не более чем на Δ (таблица 2). Необходимо также обосновать выбор предела. В общем случае верхние значения пределов средств измерений выбираются из ряда $(1; 1,5; 2; 3; 5)10^{-n}$, где $n = 3, 2, 1, 0, -1, -2, \dots$.

10 Напряжение $U = Q_1$, В, допустимое предельное отклонение результата Δ_1 , В.

11 Ток $I = Q_2$, мА, допустимое предельное отклонение результата Δ_1 , мА.

12 Напряжение $U = Q_1$, В, допустимое предельное отклонение результата Δ_2 , В.

Таблица 2

Параметр	Вариант									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Q_1	147	85	49	56	21	190	18	40	120	12,5
Q_2	43	190	36	170	8,5	570	69	23	14	195
$\pm\Delta_1$	0,7	1,8	0,8	2,0	0,3	9,0	0,3	0,4	3,5	0,5
$\pm\Delta_2$	0,9	1,4	1,2	1,2	0,12	4,3	0,09	0,18	0,55	0,28

13 Ток $I = Q_2$, мА, допустимое предельное отклонение результата Δ_2 , мА.

14 К источнику с внутренним сопротивлением $R_{и}$ подключены два сопротивления R_1 и R_2 , соединенные между собой параллельно. С каким внутренним сопротивлением R_A нужно выбрать амперметр для включения в ветвь меньшего сопротивления, чтобы погрешность измерения тока в этом сопротивлении не превышала δ . Исходные данные по вариантам приведены в таблице 3.

Таблица 3

Вариант	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$R_{и}$, кОм	110	120	100	130	110	120	100	130	125	110
R_1 , Ом	150	220	340	500	270	310	480	625	290	400
R_2 , Ом	310	450	110	250	240	370	230	300	170	720
δ , %	1,0	2,0	3,0	4,0	5,0	6,0	1,0	2,0	3,0	4,0

15 К источнику с небольшим внутренним сопротивлением подключаются последовательно два сопротивления R_1 и R_2 . С каким внутренним сопротивлением R_V должен быть выбран вольтметр, чтобы при подключении его к большему сопротивлению погрешность измерения напряжения не превышала δ . Исходные данные по вариантам приведены в таблице 3.

16 Проводится испытание источника питания. Контролируемым параметром является выходное напряжение, которое должно быть U_H , В при температуре $t^\circ\text{C}$. Температура испытаний поддерживалась равной $(t \pm 1)^\circ\text{C}$. Изменение напряжения источника при изменении температуры составляет 1 % на градус. Измерение напряжения производится вольтметром с погрешностью $\Delta_{\text{ИЗМ}} = \pm 0,3$ В. Показания вольтметра $U_{\text{ИЗМ}}$, В. Найти погрешность проводимых испытаний. Проанализируйте полученный результат и сделайте вывод о качестве источника питания. Исходные данные по вариантам приведены в таблице 4.

Таблица 4

Вариант	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
U_H , В	$20 \pm 0,5$	$30 \pm 0,5$	$15 \pm 0,5$	$25 \pm 0,5$	$35 \pm 0,5$	$40 \pm 0,5$	$45 \pm 0,6$	$50 \pm 0,7$	$55 \pm 0,8$	$60 \pm 1,0$
$t^\circ\text{C}$	20	22	23	20	22	23	20	22	23	20
$\Delta_{\text{ИЗМ}}$, В	$\pm 0,2$	$\pm 0,3$	$\pm 0,1$	$\pm 0,2$	$\pm 0,3$	$\pm 0,4$	$\pm 0,1$	$\pm 0,4$	$\pm 0,6$	$\pm 0,5$
$U_{\text{ИЗМ}}$, В	19,9	28,7	14,8	24,6	33,8	37,9	45,5	49,5	54,7	59,3

17 Построить схему измерения большого активного сопротивления R_X методом амперметра-вольтметра. Оценить методическую погрешность измерения сопротивления по этой схеме, если внутреннее сопротивление амперметра R_A , а входное сопротивление вольтметра R_V . Исходные данные по вариантам приведены в таблице 5.

Таблица 5

Вариант	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
R_X , кОм	150	120	133	170	220	273	362	526	750	907
R_V , кОм	0,51	1,0	1,6	2,17	2,65	2,96	3,59	4,29	4,57	5,08
R_A , кОм	1,13	0,29	0,57	0,06	0,03	0,05	1,01	0,11	0,70	0,08
R_V , кОм	30	60	240	600	1000	10000	560	970	640	1300

18 Построить схему измерения малого активного сопротивления R_X методом амперметра-вольтметра. Оценить методическую погрешность измерения сопротивления по этой схеме, если внутреннее сопротивление амперметра R_A , а входное сопротивление вольтметра R_V . Исходные данные по вариантам приведены в таблице 5.

19 Необходимо измерить силу тока $I_{\text{И}}$ (см. таблицу 6), имея в распоряжении два миллиамперметра: М109/1 класса точности $\textcircled{0,5}$ с пределами измерений 0 – 750 мА и М1104 класса точности 0,5 с пределами измерений 0 – 3 А. Расчетным путем определить, какой из приборов следует выбрать для выполнения измерения с большей точностью.

Таблица 6

Вариант	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$I_{\text{И}}$, мА	715	510	685	360	125	95	460	380	290	740
I_1 , мА	40	82	99	58	90	70	96	59	85	96
I_2 , мА	38	84	91	61	86	68	92	57	89	90

20 Силу тока измеряли двумя последовательно включенными магнитоэлектрическими миллиамперметрами. Первый из них (его пределы измерений 0 – 750 мА, класс точности 0,5) показал значение I_1 , второй (его пределы измерений 0 – 100 мА, класс точности (2,5)) показал значение I_2 . Взяв значения I_1 и I_2 из таблицы 6, определить инструментальные погрешности измерений каждым прибором, указать, какое из двух измерений проведено с большей точностью и могут ли при исправных приборах их показания различаться так, как это дано в условии задачи.

21 Подводимое к нагрузке постоянное напряжение U_- измеряется в соответствии со схемой эксперимента, представленной на рисунке 1, в следующей последовательности.

1 Вначале как сумма падений напряжений $U_- = U_1 + U_2$ на частях нагрузки R_1 и R_2 вольтметрами V_1 и V_2 . Вольтметры V_1 и V_2 заданного в таблице 7 класса точности и пределами измерений обоих вольтметров $U_{пр}$; показания вольтметров U_1 и U_2 . Найти погрешность измерения напряжения U_- . Записать результат по стандартной форме.

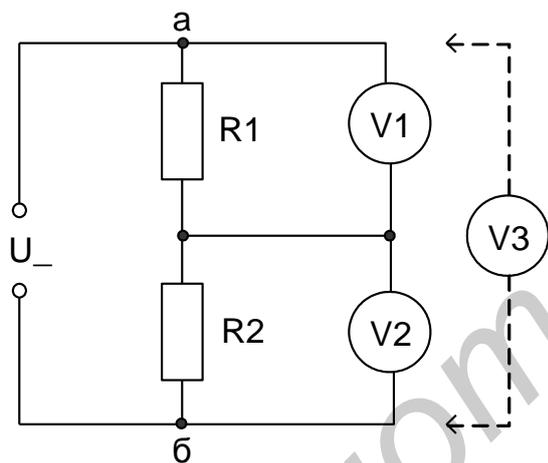


Рисунок 1

2 Затем к точкам а и б подключается один вольтметр V_3 и измеряется падение напряжения между этими точками. Найти погрешность измерения напряжения U_- вольтметром V_3 с тем же классом точности и пределами измерений.

3. Сравнить полученные в пунктах 1 и 2 погрешности измерения падения напряжения U_- и сделать вывод о планировании эксперимента.

Таблица 7

Вариант	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$U_{пр}, мВ$	250	300	200	400	120	750	800	150	100	600
кл.точ. V_1	(2,5)	1,0	0,5/0,001	1,5	(0,6)	(0,4)	0,25	0,2	$0,1/4 \cdot 10^{-3}$	$0,15/2 \cdot 10^{-4}$
кл.точ. V_2	(2,5)	1,0	0,5/0,001	1,5	(0,6)	(0,4)	0,25	0,2	$0,1/4 \cdot 10^{-3}$	$0,15/2 \cdot 10^{-4}$
кл.точ. V_3	(2,5)	1,0	0,5/0,001	1,5	(0,6)	(0,4)	0,25	0,2	$0,1/4 \cdot 10^{-3}$	$0,15/2 \cdot 10^{-4}$
$U_1, мВ$	200	250	170	350	100	650	780	145	90	570
$U_2, мВ$	190	115	150	390	115	700	750	135	83	500

22 Обработать ряд наблюдений, полученных в процессе многократных прямых измерений физической величины (ФВ), и оценить случайную погрешность измерений, считая результаты исправленными и равноточными. Результат измерения представить по одной из форм МИ 1317-2004 или ГОСТ 8.207-76. Вид ФВ, ее размерность, число наблюдений N , первый элемент выборки ряда J взять из таблицы 8 по последней цифре шифра, номер ряда взять из таблицы 9 по последней цифре шифра. Доверительную вероятность принять $P_d = 0,95$ для четных вариантов, $P_d = 0,99$ – для нечетных. Например, для шифра с последней цифрой 7 следует выбрать из таблицы 8: ЭДС, мВ, $N = 24$; $J = 5$. Из таблицы 9 из ряда наблюдений 7, начиная с 5-й строки ($J = 5$), выбрать 24 члена (с 5 по 29 строку включительно).

Таблица 8

Параметр	Вариант									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
ФВ	I	U	f	R	W	t	ЭДС	l	C	L
Размерность	мкА	мкВ	кГц	кОм	мВт	мс	мВ	мм	нФ	мГн
N	20	15	30	35	25	19	24	25	18	32
J	1	10	6	1	10	15	5	1	10	4

В таблице 8 приняты следующие обозначения: I – ток, U – напряжение, f – частота, R – сопротивление, W – мощность, t – время, l – длина, C – емкость, L – индуктивность.

Таблица 9

J	Номер ряда наблюдений (последняя цифра шифра)				
	0	1	2	3	4
1	16,0065	22,0123	10,3623	49,7928	35,9204
2	15,7881	22,9939	10,2493	47,9739	36,9163
3	15,6774	22,2742	10,4923	47,9254	36,2775
4	16,0797	23,0254	10,3137	49,1514	36,1006
5	16,2531	22,3024	10,3183	49,3718	36,7542
6	16,1125	22,0120	10,4059	48,0822	36,6596
7	15,6624	22,8651	10,6294	49,1950	36,1744
8	16,0556	22,3795	10,2650	48,4626	36,2023
9	16,1915	22,7172	10,3024	49,5655	35,6021
10	16,1031	22,8255	10,2688	49,7933	35,5462
11	16,1762	22,4244	10,6268	48,8541	36,5920
12	15,6497	20,0291	10,7516	47,9618	36,4078
13	15,7332	22,7570	10,3913	48,0356	36,9107
14	16,0375	22,3292	10,3496	47,9949	36,1876
15	14,8296	22,9448	10,2725	49,7925	36,6934
16	16,2142	22,0760	10,2539	49,7869	35,6774

Продолжение таблицы 9

J	Номер ряда наблюдений (последняя цифра шифра)				
	0	1	2	3	4
17	15,7891	23,0105	10,3990	49,5183	35,7912
18	15,6471	22,0643	10,2790	49,7603	36,4033
19	16,2576	23,0317	10,5937	49,6780	36,3126
20	15,6675	22,8951	10,7457	49,6591	36,4941
21	16,2032	22,0419	10,3457	49,0117	35,6285
22	15,6557	22,0591	10,6968	48,3095	35,9551
23	15,6820	22,0037	10,2640	47,9303	35,7093
24	15,7611	22,0317	10,4506	48,2104	35,9808
25	16,0905	22,8747	10,3961	49,7760	35,7190
26	16,0691	22,0285	10,4081	47,9673	34,0623
27	15,6331	22,0954	10,6238	45,5625	36,0152
28	15,6937	22,0016	9,6276	49,4889	35,6716
29	15,9504	22,2415	10,2670	49,2162	36,6773
30	16,2524	22,7934	10,3424	49,7757	36,5373
31	15,6513	22,9755	10,6293	48,0032	35,6845
32	16,1298	22,2265	10,7522	48,1368	35,5179
33	16,0551	22,2543	10,5381	48,2398	35,9262
34	16,2529	22,6592	10,6926	49,0547	35,6236
35	16,1402	22,7873	10,4024	49,1183	36,9338

Продолжение таблицы 9

J	Номер ряда наблюдений (последняя цифра шифра)				
	5	6	7	8	9
1	12,7416	28,1918	38,4404	17,5151	13,4250
2	12,8033	27,0238	38,5394	17,3831	13,6387
3	12,3574	28,2393	38,1955	17,2690	13,5889
4	12,7938	27,1120	38,1271	17,3792	13,7126
5	12,5663	26,8403	37,9341	18,1100	13,4818
6	12,7133	28,0320	38,0902	17,5170	14,1668
7	12,9213	29,9967	38,5348	18,1059	13,5771
8	12,7064	27,5508	38,2339	17,3931	13,4729
9	12,7432	26,7104	38,4842	17,8772	13,6735
10	12,7428	26,9868	38,0486	17,2714	13,4710
11	13,5213	27,0866	38,4781	19,2087	13,4971
12	12,8330	26,9129	37,9250	17,2570	13,7178
13	12,8214	26,6548	38,1662	17,3044	13,6937
14	13,3946	26,9626	38,0371	17,5808	13,6149
15	13,4483	26,6438	37,8539	17,2839	13,5516

Продолжение таблицы 9

J	Номер ряда наблюдений (последняя цифра шифра)				
	5	6	7	8	9
16	12,5995	26,6523	38,0422	18,0627	13,0627
17	12,8412	26,6223	37,8655	17,2912	13,4723
18	12,8082	26,9044	38,0462	18,0420	13,7356
19	13,2607	26,6086	37,8203	17,3481	13,6109
20	12,8592	28,2372	38,1242	17,2767	13,4160
21	13,4198	27,0463	38,5117	17,8749	13,4706
22	12,7251	26,8789	38,1768	17,2979	13,4409
23	12,8300	26,6435	39,3839	17,9177	13,5433
24	14,4618	26,6083	38,5401	17,4381	13,4298
25	14,5839	27,4319	38,3996	17,2971	13,4468
26	13,4515	28,1347	38,3125	17,2750	13,4825
27	13,2268	26,6294	38,5463	18,0703	13,4927
28	12,5570	26,9332	37,8538	17,3140	13,4329
29	12,7186	26,6284	37,8892	17,9669	13,5458
30	13,3361	27,0570	37,9422	17,3075	13,7324
31	13,2431	26,6138	37,8345	17,2814	13,7071
32	13,3585	26,7730	38,2995	17,6904	13,5378
33	13,2472	27,3732	38,0396	17,2827	13,7106
34	13,5172	28,1526	38,4482	17,2882	13,5850
35	13,2472	26,7359	38,4931	17,4522	13,5620

При решении задач **23 – 26** необходимо определить доверительные границы суммарной погрешности результата измерения и записать его по МИ 1317-2004 или ГОСТ 8.207-76. Значение доверительной вероятности принять $P_d = 0,95$ для четных вариантов и $P_d = 0,99$ – для нечетных. При расчетах полагать, что случайные погрешности распределены по нормальному закону, а число наблюдений существенно больше 30. Данные, необходимые для решения задач, взять из таблицы 10.

Таблица 10

Параметр	Вариант									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
\bar{X}	5,75	1,246	18,31	25,43	8,49	4,38	20,92	9,48	53,79	16,48
$\hat{\sigma}_{\bar{X}}$	0,08	0,037	0,52	0,23	0,20	0,60	1,20	0,45	0,45	0,51
Δ_{c1}	0,32	0,045	1,30	0,92	0,56	0,14	1,56	0,35	2,30	0,83
Δ_{c2}	0,15	0,023	0,49	0,87	0,35	0,48	0,62	0,60	0,82	0,87
Δ_{c3}	0,21	0,012	0,16	0,29	0,20	0,12	0,47	0,23	0,63	0,39
Δ_{c4}	0,18	0,016	0,21	0,85	0,19	0,23	1,10	0,20	0,60	0,81

23 В процессе обработки результатов прямых измерений напряжения определено (все значения в вольтах): среднее арифметическое значение этого напряжения $\bar{U} = \bar{X}$, среднее квадратическое отклонение среднего арифметического $\hat{\sigma}_{\bar{U}} = \hat{\sigma}_{\bar{X}}$, границы неисключенных остатков двух составляющих систематической погрешности Δ_{c1} и Δ_{c2} .

24 В процессе обработки результатов прямых измерений силы тока I определено (все значения в миллиамперах): среднее арифметическое $\bar{I} = \bar{X}$; среднее квадратическое отклонение среднего арифметического $\hat{\sigma}_{\bar{I}} = \hat{\sigma}_{\bar{X}}$; границы неисключенных остатков трех составляющих систематической погрешности Δ_{c1} , Δ_{c2} и Δ_{c3} .

25 В процессе обработки результатов прямых измерений сопротивления R определено (все значения в килоомах): среднее арифметическое $\bar{R} = \bar{X}$; границы неисключенных остатков трех составляющих систематической погрешности Δ_{c1} , Δ_{c2} и Δ_{c3} . Случайная погрешность пренебрежимо мала.

26 В процессе обработки результатов прямых измерений емкости конденсатора C определено (все значения в нанофарадах): среднее арифметическое $\bar{C} = \bar{X}$; среднее квадратическое отклонение среднего арифметического $\hat{\sigma}_{\bar{C}} = \hat{\sigma}_{\bar{X}}$; границы неисключенных остатков двух составляющих систематической погрешности Δ_{c3} и Δ_{c4} .

В задачах **27 – 30** необходимо, воспользовавшись результатами обработки прямых измерений, продолжить обработку результатов косвенного измерения и, оценив его случайную погрешность, записать результат по ГОСТ 8.207-76 или МИ 1317-2004. Данные, необходимые для решения задач, взять из таблицы 11.

При этом учитывать, что в таблице 11 использованы следующие обозначения:

n – число наблюдений каждой из величин в процессе прямых измерений;

$\bar{X}_1, \bar{X}_2, \bar{X}_3$ – средние арифметические значения;

$\hat{\sigma}_{\bar{X}_1}, \hat{\sigma}_{\bar{X}_2}, \hat{\sigma}_{\bar{X}_3}$ – оценки средних квадратических отклонений среднего арифметического;

$\hat{R}_{12}, \hat{R}_{13}, \hat{R}_{23}$ – оценки коэффициентов корреляции между погрешностями измерения X_1 и X_2 , X_1 и X_3 , X_2 и X_3 соответственно. Доверительную вероятность принять $P_d = 0,95$ для четных вариантов, $P_d = 0,99$ – для нечетных вариантов.

27 Мощность P постоянного тока измерялась косвенным методом путем многократных измерений напряжения U и силы тока I с последующим расчетом по формуле $P = U \cdot I$. При обработке принять $\bar{U} = \bar{X}_1$, В; $\bar{I} = \bar{X}_2$, мА; $\hat{\sigma}_{\bar{U}} = \hat{\sigma}_{\bar{X}_1}$, В; $\hat{\sigma}_{\bar{I}} = \hat{\sigma}_{\bar{X}_2}$, мА; $\hat{R}_{UI} = \hat{R}_{12}$.

Таблица 11

Параметр	Вариант									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
n	35	15	21	11	19	32	13	40	11	17
\bar{X}_1	12,45	8,46	14,39	27,65	19,37	25,20	17,30	32,50	19,00	37,35
\bar{X}_2	0,347	0,521	2,032	4,251	3,498	2,837	5,360	2,00	6,380	5,120
\bar{X}_3	5,320	1,090	10,51	15,40	6,30	1,80	10,14	22,50	5,210	28,05
$\hat{\sigma}_{\bar{X}_1}$	0,30	0,14	0,15	0,32	0,36	0,38	0,22	0,19	0,31	0,57
$\hat{\sigma}_{\bar{X}_2}$	0,023	0,021	0,042	0,03	0,04	0,028	0,43	0,036	0,036	0,047
$\hat{\sigma}_{\bar{X}_3}$	0,085	0,050	0,20	0,29	0,052	0,010	0,32	0,20	0,081	0,89
\hat{R}_{12}	-0,15	0,05	-0,34	0,47	-0,09	0,75	0	0,60	-0,50	0,80
\hat{R}_{13}	0,80	-0,42	-0,49	0,80	0,90	0,85	-0,09	-0,50	0,72	0,05
\hat{R}_{23}	0,60	0,84	0,14	-0,32	0,46	0,63	0,53	0,06	0,18	-0,16
R_0	0,1	10,0	2,0	0,1	1,0	0,1	10,0	5,0	0,1	1,0

28 Сопротивление R_x определялось путем многократных измерений падения напряжения на нем (U_x) и падения напряжения на последовательно соединенном с ним образцовом резисторе с сопротивлением R_0 , кОм с последующим расчетом по формуле $R_x = \frac{R_0 \cdot U_x}{U_0}$. При обработке результатов принять $\bar{U}_x = \bar{X}_1$, В; $\bar{U}_0 = \bar{X}_2$, В; $\hat{\sigma}_{\bar{U}_x} = \hat{\sigma}_{\bar{X}_1}$, В; $\hat{\sigma}_{\bar{U}_0} = \hat{\sigma}_{\bar{X}_2}$, В; $\hat{R}_{U_x U_0} = 0$. Погрешностью резистора R_0 пренебречь.

29 Напряжение в электрической цепи U определялось путем многократных измерений напряжений U_1, U_2, U_3 на участках этой цепи с последующим расчетом по формуле $U = U_1 + U_2 + U_3$. При обработке принять $\bar{U}_1 = \bar{X}_1$, В; $\bar{U}_2 = \bar{X}_2$, В; $\bar{U}_3 = \bar{X}_3$, В; $\hat{\sigma}_{\bar{U}_1} = \hat{\sigma}_{\bar{X}_1}$, В; $\hat{\sigma}_{\bar{U}_2} = \hat{\sigma}_{\bar{X}_2}$, В; $\hat{\sigma}_{\bar{U}_3} = \hat{\sigma}_{\bar{X}_3}$, В; $\hat{R}_{U_1 U_2} = \hat{R}_{12}$, $\hat{R}_{U_1 U_3} = \hat{R}_{13}$; $\hat{R}_{U_2 U_3} = \hat{R}_{23}$.

30 Резонансная частота f_0 колебательного контура определялась путем многократных измерений индуктивности L и емкости C , входящих в контур катушки индуктивности и конденсатора, с последующим вычислением по формуле $f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$. При обработке принять $\bar{L} = \bar{X}_2$, мГн; $\bar{C} = \bar{X}_3$, мкФ; $\hat{\sigma}_{\bar{L}} = \hat{\sigma}_{\bar{X}_2}$, мГн; $\hat{\sigma}_{\bar{C}} = \hat{\sigma}_{\bar{X}_3}$, мкФ; $\hat{R}_{LC} = 0$.

В задачах **31** – **34** необходимо составить модель испытаний и проанализировать входящие в нее величины, оценить неопределенность по типу A , оценить неопределенность по типу B , оценить расширенную

неопределенность и записать в качестве ответа результата – оцененное действительное значение измеряемой величины.

31 Оценить действительное значение измеряемой мощности с учетом неопределенности при измерении с помощью ваттметра. Исходные данные для решения задачи представлены в таблицах 12 и 13: P_i – показание ваттметра при i -м измерении мощности; $n = 10$ – количество измерений; δ_w – погрешность ваттметра. При решении задачи необходимо принять во внимание, что результаты измерений P_i распределены по нормальному закону, а δ_w – по равномерному закону, корреляция между величинами отсутствует.

Таблица 12

P_i , мВт	10,7	10,9	10,8	10,6	11,0	10,9	10,7	11,1	10,8	10,9
f_i , кГц	375,5	375,6	375,8	375,4	375,5	375,5	375,6	375,4	375,7	375,5
U_i , мВ	67,8	67,9	67,7	67,8	67,9	67,9	67,8	67,8	67,9	67,7
I_i , мкА	87,6	87,5	87,7	87,5	87,6	87,7	87,6	87,5	87,4	87,6

Таблица 13

Вариант	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
δ_w , %	5	6	7	4	3	5	6	7	4	3
δ_0	$5 \cdot 10^{-7}$	$5 \cdot 10^{-6}$	$5 \cdot 10^{-5}$	$5 \cdot 10^{-7}$	$5 \cdot 10^{-6}$	$5 \cdot 10^{-5}$	$5 \cdot 10^{-7}$	$5 \cdot 10^{-6}$	$5 \cdot 10^{-5}$	$5 \cdot 10^{-7}$
$\tau_{сч}$, мс	1	10	100	1000	10000	1	10	100	1000	100
δ_U , %	1,0	0,5	0,3	1,5	0,6	0,4	0,5	1,0	0,3	0,1
δ_I , %	1,5	0,3	0,5	1,0	0,4	0,6	0,6	0,3	1,5	0,3

32 Оценить действительное значение измеряемой частоты с учетом неопределенности при измерении с помощью частотомера ЧЗ-63. Исходные данные для решения задачи представлены в таблицах 12 и 13: f_i – показание частотомера при i -м измерении частоты; $n = 10$ – количество измерений, δ_0 – нестабильность частоты кварцевого генератора ЧЗ-63, $\tau_{сч}$ – время счета ЧЗ-63. При решении задачи необходимо принять во внимание, что результаты измерений f_i распределены по нормальному закону, а погрешность измерения частоты ЧЗ-63 – по равномерному закону, корреляция между величинами отсутствует.

33 Оценить действительное значение измеряемого напряжения с учетом неопределенности при измерении с помощью вольтметра. Исходные данные для решения задачи представлены в таблицах 12 и 13: U_i – показание вольтметра при i -м измерении напряжения; $n = 10$ – количество измерений; δ_U – погрешность вольтметра. При решении задачи необходимо принять во внимание, что результаты измерений U_i распределены по нормальному закону, а δ_U – по равномерному закону, корреляция между величинами отсутствует.

34 Оценить действительное значение измеряемого тока с учетом неопределенности при измерении с помощью амперметра. Исходные данные для решения задачи представлены в таблицах 12 и 13: I_i – показание амперметра при i -м измерении тока; $n = 10$ – количество измерений; δ_I – погрешность амперметра. При решении задачи необходимо принять во внимание, что результаты измерений I_i распределены по нормальному закону, а δ_I – по равномерному закону, корреляция между величинами отсутствует.

В задачах 35 – 38 необходимо составить модель испытаний и проанализировать входящие в нее величины, оценить неопределенность по типу A , оценить неопределенность по типу B , оценить расширенную неопределенность и записать в качестве ответа оцененное действительное значение измеряемой величины.

35 Оценить действительное значение активного сопротивления путем измерения разности потенциалов U_i на его выводах и амплитуды тока I_i , проходящего через него, с учетом неопределенности при измерении с помощью вольтметра и амперметра. Исходные данные для решения задачи представлены в таблицах 14 и 15: I_i – показание амперметра при i -м измерении тока; U_i – показания вольтметра при i -м измерении напряжения, $n = 5$ – количество измерений каждой величины, $\Delta_U = \Delta_1$, мВ – погрешность вольтметра, $\Delta_I = \Delta_2$, мкА – погрешность амперметра, $r(\bar{U}, \bar{I})$ – коэффициент корреляции. При решении задачи необходимо принять во внимание, что результаты измерений U_i, I_i распределены по нормальному закону.

Таблица 14

U_i , В	5,007	4,994	5,005	4,990	4,999
I_i , мА	19,663	19,639	19,640	19,685	19,678
U_{Xi} , В	12,45	12,47	12,50	12,49	12,47
U_{Oj} , В	0,347	0,345	0,350	0,349	0,347
R_b , кОм	1,477	1,475	1,476	1,478	1,475

Таблица 15

Вариант	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$r(\bar{U}, \bar{I})$	0,36	0,86	0,65	-0,2	-0,09	-0,5	0,77	0,18	0,1	1,0
$r(\bar{U}_i, \bar{U}_j)$	0,5	0,8	-0,3	-0,7	-0,9	-0,21	0,11	0,48	0,62	0,25
R_0 , кОм	0,1	10,0	2,0	0,1	1,0	10,0	5,0	0,1	1,0	2,0
Δ_1	2,0	1,0	3,0	0,5	2,0	1,0	3,0	0,5	4,0	5,0
Δ_2	5,0	4,0	0,5	3,0	1,0	2,0	0,5	3,0	1,0	2,0

36 Оценить действительное значение активного сопротивления R_X путем измерения падения напряжения на нем U_{Xi} и падения напряжения U_{Oj} на последовательно соединенном с ним эталонном резисторе с сопротивлением R_0 ;

сделать последующий расчет по формуле $R_x = \frac{R_0 \cdot \overline{U_x}}{\overline{U_0}}$ с учетом

неопределенности при измерении падения напряжения с помощью вольтметра. Исходные данные для решения задачи представлены в таблицах 14 и 15: U_{xi} , U_{0j} – показание вольтметра при i -м измерении падения напряжения на R_x и j -м измерении падения напряжения на R_0 соответственно, $n = 5$ – количество измерений каждой величины, $\Delta_{Ux} = \Delta_{U0} = \Delta_1$, мВ – погрешность вольтметра, $r(\overline{U_i}, \overline{U_j})$ – коэффициент корреляции. При решении задачи необходимо принять во внимание, что результаты измерений U_{xi} , U_{0j} распределены по нормальному закону, а погрешность эталонного резистора стремится к нулю.

37 Оценить действительное значение мощности P постоянного тока, потребляемой нагрузкой путем измерения падения напряжения на ней U_i и силы тока I_i , протекающей через нее, с учетом неопределенности при измерении падения напряжения вольтметром и тока амперметром. Исходные данные для решения задачи представлены в таблицах 14 и 15: I_i – показание амперметра при i -м измерении тока; U_i – показания вольтметра при i -м измерении напряжения, $n = 5$ – количество измерений каждой величины, $\Delta_U = \Delta_1$, мВ – погрешность вольтметра, $\Delta_I = \Delta_2$, мкА – погрешность амперметра, $r(\overline{U}, \overline{I})$ – коэффициент корреляции. При решении задачи необходимо принять во внимание, что результаты измерений U_i , I_i распределены по нормальному закону.

38 Оценить действительное значение мощности P , потребляемой нагрузкой R , путем измерения сопротивления R и падения напряжения U_i на нем, с учетом неопределенности при измерении сопротивления омметром и падения напряжения вольтметром. Исходные данные для решения задачи представлены в таблицах 14 и 15: U_i – показания вольтметра при i -м измерении напряжения, R_i – показания омметра при i -м измерении сопротивления, $n = 5$ – количество измерений каждой величины, $\Delta_U = \Delta_1$, мВ – погрешность вольтметра, $\Delta_R = \Delta_2$, Ом – погрешность омметра, $r(\overline{U}, \overline{R}) = r(\overline{U}, \overline{I})$ – коэффициент корреляции. При решении задачи необходимо принять во внимание, что результаты измерений U_i , R_i распределены по нормальному закону.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	3
РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА.....	4
РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ И МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ЕЕ ИЗУЧЕНИЮ	6
КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА	20

Библиотека БГУИР

Учебное издание

МЕТРОЛОГИЯ

Методические указания к контрольной работе
для студентов специальности
1-38 02 03 «Техническое обеспечение безопасности»
заочной формы обучения

Составители:

Ляльков Святослав Владимирович
Гусынина Юлия Анатольевна

Редактор Т. Н. Крюкова
Корректор Е. Н. Батурчик

Подписано в печать 13.12.2011 г.	Формат 60x84 1/16.	Бумага офсетная.
Гарнитура «Таймс».	Отпечатано на ризографе.	Усл. печ. л. 2,09.
Уч.-изд. л. 1,9.	Тираж 100 экз.	Заказ 39.

Издатель и полиграфическое исполнение: учреждение образования
«Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники»
ЛИ №02330/0494371 от 16.03.2009. ЛП №02330/0494175 от 03.04.2009.
220013, Минск, П. Бровки, 6