

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

Кафедра метрологии и стандартизации

***МЕТРОЛОГИЯ, СТАНДАРТИЗАЦИЯ И СЕРТИФИКАЦИЯ  
В ИНФОРМАТИКЕ И РАДИОЭЛЕКТРОНИКЕ***

Рабочая программа, методические указания и контрольные задания  
для студентов специальностей  
1-53 01 07 «Информационные технологии и управление в технических системах»,  
1-40 02 01 «Вычислительные машины, системы и сети»  
заочной формы обучения

УДК 006.9(076.1)  
ББК 30ця73  
М54

С о с т а в и т е л и:  
О. И. Минченко, Ю. А. Гусынина

Р е ц е н з е н т:  
доцент кафедры электроники учреждения образования  
«Белорусский государственный университет информатики  
и радиоэлектроники», кандидат технических наук А. Я. Бельский

**Метрология**, стандартизация и сертификация в информатике и радиоэлектронике : рабочая прогр., метод. указания и контрол. задания для студ. спец. 1-53 01 07 «Информационные технологии и управление в технических системах», 1-40 02 01 «Вычислительные машины, системы и сети» заоч. формы обуч. / сост. О. И. Минченко, Ю. А. Гусынина. – Минск : БГУИР, 2010. – 35 с.

ISBN 978-985-488-533-9

Приведена рабочая программа дисциплины, даны методические указания по ее изучению, представлены варианты заданий для контрольной работы.

**УДК 006.9(076.1)**  
**ББК 30ця73**

ISBN 978-985-488-533-9

© Минченко О. И., Гусынина Ю. А.,  
составление, 2010  
© УО «Белорусский государственный университет  
информатики и радиоэлектроники», 2010

## ВВЕДЕНИЕ

Основная задача экономической политики в настоящее время – повышение технического уровня и качества продукции на основе внедрения последних достижений науки и техники. Решение этой задачи требует резкого возрастания уровня метрологического обеспечения работ на всех стадиях проектирования, производства и эксплуатации продукции; возрастания требований к метрологической подготовке специалистов.

Целью изучения дисциплины «Метрология, стандартизация и сертификация в информатике и радиоэлектронике» (МСиСвИР) является получение студентами знаний в области метрологии, стандартизации, сертификации, метрологического обеспечения производства и измерительной техники общего использования, а также в области обеспечения единства измерений применительно к практической деятельности инженера.

Основы метрологии должны дать представление о принципах системы теоретических, технических и организационных мер обеспечения единства измерений при разработке, производстве или эксплуатации средств измерений различного назначения, а также о методах и средствах измерений, с помощью которых решается широкий круг задач измерений в практической деятельности.

Изучение стандартизации и сертификации необходимо для формирования у инженеров, работающих в области информационных технологий и управления в технических системах, представления о техническом нормировании, унификации продукции, организации систем стандартизации и сертификации в Республике Беларусь и их сопряжении с международными стандартами, применении систем контроля качества в производственной и научно-технической деятельности.

В результате изучения дисциплины студенты должны

**знать:**

– основные положения государственной системы обеспечения единства измерений; государственной системы технического нормирования и стандартизации Республики Беларусь, Национальной системы подтверждения соответствия Республики Беларусь;

– основные категории и виды технических нормативно-правовых актов (ТНПА) в области технического нормирования и стандартизации, действующих в Республике Беларусь;

– основные методы и направления работ по стандартизации и сертификации и возможности их реализации при решении задач в области радиоэлектроники и информационных технологий;

– основы теории погрешностей;

– основы метрологического обеспечения разработки и производства изделий радиоэлектроники и систем автоматики;

– основные принципы, методы и средства измерений электрических и неэлектрических величин в широком диапазоне частот и широких пределах изменения значений измеряемых величин;

– конкретные типы современных отечественных электро- и радиоизмерительных приборов, приборов для измерения неэлектрических величин, установок и систем общего и специального назначения;

**уметь:**

– анализировать технические и метрологические характеристики средств измерений, правильно выбирать методы измерения и измерительную аппаратуру;

– методически правильно выполнять измерения, минимизировать систематические погрешности, оценивать точность и оформлять результаты измерений в соответствии с действующими ГНПА;

– интерпретировать полученные результаты измерений с точки зрения обеспечения единства измерений и достоверности полученных результатов;

– грамотно эксплуатировать современную отечественную электро- и радиоизмерительную аппаратуру, используемую в процессах разработки, производства и эксплуатации систем автоматики;

– эффективно пользоваться стандартами всех категорий и видов, обоснованно применять основные методы стандартизации;

**иметь представление:**

– о международных организациях по стандартизации, сертификации и метрологии и их деятельности;

– об эталонах единиц электрических величин и о государственной системе обеспечения единства измерений на их основе;

– об электрорадиоизмерительной аппаратуре, разрабатываемой в настоящее время на основе достижений современной электроники и вычислительной техники;

– о порядке сертификации промышленной продукции, услуг, систем управления качеством продукции.

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

## ЛИТЕРАТУРА

1 Метрология и радиоизмерения : учеб. для вузов / под ред. проф. В. И. Нефедова. – М. : Высш. шк., 2003. – 383 с.

2 Елизаров, А. С. Электрорадиоизмерения / А. С. Елизаров. – Минск : Высш. шк., 1986.

3 Метрология, стандартизация, сертификация и электроизмерительная техника : учеб. пособие для вузов / под ред. К. К. Кима. – СПб. : Питер, 2006. – 368 с.

4 Метрология и электрорадиоизмерения в телекоммуникационных системах : учеб. пособие / под общ. ред. Б. Н. Тихонова. – М. : Горячая линия-Телеком, 2007. – 374 с.

5 Метрология и измерения : учеб.-метод. пособие для индивид. работы студ. под общ. ред. С. В. Лялькова. – Минск : БГУИР, 2001.

6 Ляльков, С. В. Национальная система подтверждения соответствия Республики Беларусь : учеб.-метод. пособие для студ. спец. «Метрология, стандартизация и сертификация (радиоэлектроника, информатика и связь)» днев. формы обуч. / С. В. Ляльков, О. И. Минченко. – Минск : БГУИР, 2006.

7 Гуревич, В. Л. Международная стандартизация: учеб. пособие для студ. специальности 54 01 01-02 «Метрология стандартизация и сертификация (радиотехника, информатика и связь)» / В. Л. Гуревич, С. В. Ляльков, О. И. Минченко. – Минск : БГУИР, 2002. – 55 с.

8 Гуревич, В. Л. Основы стандартизации : метод. пособие в 2 ч. Ч. 1 / В. Л. Гуревич, Ю. А. Гусынина. – Минск : БГУИР, 2009. – 92 с.

9 Госстандарт. Государственный комитет по стандартизации Республики Беларусь [Электронный ресурс]. – 2009. – Режим доступа : <http://www.gosstandart.gov.by/>.

10 Белорусский государственный институт стандартизации и сертификации [Электронный ресурс]. – 2009. – Режим доступа : <http://www.belgiss.org.by/>.

11 Белорусский государственный институт метрологии и стандартизации [Электронный ресурс]. – 2009. – Режим доступа : <http://www.belgim.org.by/>.

12 Национальный фонд технических нормативных правовых актов Республики Беларусь [Электронный ресурс]. – 2009. – Режим доступа : <http://www.tnra.by/>.

# **РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ И МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ЕЕ ИЗУЧЕНИЮ**

## **Раздел 1 ОСНОВЫ МЕТРОЛОГИИ**

### **Тема 1.1 ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О МЕТРОЛОГИИ И ИЗМЕРЕНИЯХ. ОСНОВНЫЕ ТЕРМИНЫ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ**

Введение. Роль измерений в науке, технике и других сферах деятельности человека. Задачи и содержание дисциплины, ее значение в подготовке инженеров.

Основные термины и определения в области метрологии: метрология, физические величины и их единицы, измерения и их виды, принципы и методы измерений, погрешности измерений и их разновидности, средства измерений и их классификация.

[1, с. 7 – 49; 2, с. 10 – 17]

#### **МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ**

В процессе изучения темы необходимо получить четкое представление о роли и значении метрологии и измерительной техники в решении народнохозяйственных задач, опережающем характере ее развития. Особое внимание следует уделить изучению терминов и определений в области метрологии и измерительной техники, классификации погрешностей, методов и средств измерений.

#### **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 эффективности производства? 3 В чем состоят основные задачи метрологии? 4 Сформулируйте определения основных понятий в области метрологии. 5 Перечислите составляющие погрешности результата измерения, одновременно классифицируя их по таким признакам, как причина возникновения и характер изменения.

### **Тема 1.2 СИСТЕМАТИЧЕСКИЕ ПОГРЕШНОСТИ**

Классификация систематических погрешностей по характеру их проявления и причинам возникновения. Способы обнаружения, оценки и уменьшения систематических погрешностей. Суммирование неисключенных остатков систематических погрешностей.

[1, с. 71 – 76; 2, с. 17 – 19]

#### **МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ**

При изучении темы особое внимание следует обратить на возможные причины возникновения систематических погрешностей, их классификацию, способы оценки и уменьшения этих погрешностей, а также правила суммирования неисключенных систематических погрешностей.

## ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ

1 Перечислите основные признаки, по которым классифицируются систематические погрешности. 2 Приведите примеры источников систематических погрешностей и назовите способы, с помощью которых эти погрешности могут быть оценены, уменьшены или исключены. 3 Сформулируйте правила суммирования неисключенных остатков систематических погрешностей. 4 Что понимается под рандомизацией систематических погрешностей? В чем заключается сущность данного способа уменьшения систематических погрешностей?

### Тема 1.3 СЛУЧАЙНЫЕ ПОГРЕШНОСТИ И ОБРАБОТКА РЕЗУЛЬТАТОВ ИЗМЕРЕНИЙ

Математическое описание случайных погрешностей и их вероятностные характеристики. Точечная и интервальная оценки случайных погрешностей прямых и косвенных измерений. Обработка результатов многократных наблюдений при прямых и косвенных измерениях. Критерии грубых и ничтожных погрешностей. Оценка суммарной погрешности результата измерений. Оценка погрешностей измерений с однократными наблюдениями. Показатели точности и формы представления результатов измерений.

[1, с. 76 – 92; 2, с. 24 – 36]

### МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

При изучении материала темы прежде всего следует ознакомиться с основными выражениями математического описания случайных погрешностей (среднее арифметическое, дисперсия, случайное отклонение, среднее квадратическое отклонение) и обратить внимание на основные теоретические положения и алгоритмы обработки результатов многократных прямых равноточных измерений. Следует четко представлять особенности оценки случайных погрешностей результатов косвенных измерений. Необходимо хорошо знать правила определения погрешности и формы представления результатов измерений в соответствии с МИ 1317-86 и ГОСТ 8.207-76, а также иметь представление об оценке погрешностей измерений с однократными наблюдениями.

## ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ

1 Что является оценкой случайной погрешности? 2 Что является достоверной, несмещенной и эффективной оценкой случайной погрешности? 3 Приведите основные положения теории вероятностей, используемые при оценке случайных погрешностей. 4 Как оценивается случайная погрешность результатов прямых измерений? Приведите необходимые математические соотношения. 5 Опишите алгоритмы обработки результатов прямых измерений и измерений с однократными наблюдениями. В чем их основные различия? 6 Поясните суть критерия грубых погрешностей. 7 Дайте определение частной погрешности косвенного измерения и поясните ее физический смысл. 8 Опишите алгоритм обработки результатов косвенных измерений. 9 Поясните сущность критерия ничтожных погрешностей, его практическое значение. Приведите примеры его применения.

## Тема 1.4 МЕТРОЛОГИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ИЗМЕРЕНИЙ

Основные положения метрологического обеспечения. Государственная система обеспечения единства измерений. Метрологическая служба. Эталоны единиц физических величин. Передача единиц физических величин, поверочные схемы.

Международные организации по метрологии.

[1, с. 49 – 63; 9]

### МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

При изучении данной темы необходимо хорошо усвоить основные определения, относящиеся к метрологическому обеспечению (научная, техническая и организационная основы метрологического обеспечения), изучить состав, структуру и основные задачи метрологической службы. Основное внимание необходимо обратить на систему передачи единиц электрических величин. Иметь представление об эталонах единиц основных физических величин.

### ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ

1 Дайте определение основным терминам и определениям в области метрологического обеспечения: метрологическое обеспечение, метрологический надзор, поверка, метрологическая ревизия, метрологическая экспертиза. 2 Какие метрологические органы входят в состав метрологической службы? 3 Что понимается под термином «метрологическое обеспечение» и «единство измерений»? 4 Каким образом осуществляется передача размера единиц электрических величин от эталонов к рабочим средствам измерений? Приведите пример поверочной схемы. 5 Что представляют собой эталоны основных и производных единиц электрических величин? Укажите их основные технические и метрологические характеристики.

## Раздел 2 ОСНОВЫ ТЕХНИЧЕСКОГО НОРМИРОВАНИЯ И СТАНДАРТИЗАЦИИ

### Тема 2.1 СИСТЕМА ТЕХНИЧЕСКОГО НОРМИРОВАНИЯ И СТАНДАРТИЗАЦИИ

Основные термины и определения в области технического нормирования и стандартизации (ТНиС). Цели ТНиС. Основные принципы ТНиС. Виды технических нормативных правовых актов в области ТНиС.

Органы государственного надзора и ведомственного контроля за ТНПА. Ответственность за несоблюдение ТНПА и выпуск некачественной продукции.

[8]

### МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

При изучении материала необходимо прежде всего уяснить цели и задачи технического нормирования и стандартизации, роль стандартизации и ее уча-

ствие во всех сферах жизнедеятельности общества, основные термины и определения в области технического нормирования и стандартизации.

Следует обратить внимание на основы классификации и кодирования информации, функции органов государственного надзора и ведомственного контроля за техническими нормативными правовыми актами. Следует четко представлять, что является объектом технического нормирования и стандартизации, какие виды технических нормативных правовых актов действуют в республике. Необходимо уяснить формы осуществления государственного надзора за соблюдением технических регламентов (ТР), кто его осуществляет, меры ответственности за несоблюдение требований ТР и других ТНПА.

### ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ

1 Почему стандартизация играет важную роль во всех областях науки, техники и производства? 2 В чем состоят основные цели и принципы технического нормирования и стандартизации? 3 Дайте определение основным понятиям в области стандартизации. 4 Перечислите органы и службы стандартизации, в чем состоят их основные функции? 5 Что является объектом технического нормирования и стандартизации? Какие виды ТНПА действуют в республике?

### Тема 2.2 МЕТОДИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ СТАНДАРТИЗАЦИИ

Система предпочтительных чисел. Ограничение, типизация, унификация и агрегатирование как основные методы стандартизации и их характеристика. Комплексная и опережающая стандартизация, специализация и кооперирование на базе стандартизации.

[7]

### МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

При изучении материала необходимо прежде всего уяснить методические основы стандартизации, основные термины и определения в области стандартизации.

Следует обратить особое внимание на основные методы стандартизации, знать их определения, направления работ, их значение в повышении эффективности производства и улучшении качества продукции и услуг.

Также следует обратить внимание на такие понятия в области стандартизации, как комплексная и опережающая стандартизация, специализация и кооперирование на базе стандартизации.

### ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ

1 Почему стандартизация играет важную роль во всех областях науки, техники и производства? 2 Что собой представляет система предпочтительных чисел? Какие вы знаете параметрические ряды и их разновидности, где они применяются? 3 Перечислите основные методы стандартизации и дайте их краткую характеристику. 4 Охарактеризуйте основные направления работ по стандартизации. 5 Перечислите основные системы ТНПА, действующих в отрасли связи.

## 2.4 МЕЖДУНАРОДНАЯ СТАНДАРТИЗАЦИЯ

Международные организации по установлению единых норм, требований и методов испытаний оборудования радиоэлектроники и связи: *ISO*, *IEC* и *ITU*. Европейские организации по стандартизации: *CEN*, *CENELEC* и *ETSI*.

Участие Республики Беларусь в работе международных организаций по стандартизации. Стандартизация информационно-коммуникационных технологий (ИКТ).

[7, 8]

### МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

Необходимо знать основные направления деятельности международных и европейских организаций по стандартизации. Следует ознакомиться с формами участия представителей Республики Беларусь в работе технических комитетов международных организаций по стандартизации. Необходимо знать, что является объектами ТНиС при стандартизации ИКТ и CALS-технологий.

### ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ

1 Какова роль международной стандартизации и какие существуют основные международные организации по стандартизации? 2 Какие европейские организации координируют деятельность по стандартизации в этом регионе? 3 Какие формы участия представителей Республики Беларусь в работе технических комитетов международных организаций по стандартизации вы знаете? 4 Приведите определение понятия ИКТ с точки зрения стандартизации. 5 Что является объектами ТНиС в области ИКТ и CALS?

## Раздел 3 ОСНОВЫ СЕРТИФИКАЦИИ

### 3.1 ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ НАЦИОНАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ ПОДТВЕРЖДЕНИЯ СООТВЕТСТВИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

Структура Национальной системы подтверждения соответствия Республики Беларусь (НСПС) и основные функции ее органов. Основные правила НСПС. Порядок проведения сертификации продукции. Понятие о сертификации услуг и систем менеджмента качества. Международная сертификация.

[6, с. 5 – 15, 17 – 20, 21 – 24, 34 – 36, 67 – 71]

### МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

В процессе изучения материала необходимо ознакомиться с основными целями и задачами оценки соответствия, уяснить основные понятия данной области. Особое внимание следует уделить набору показателей качества и методам их измерения.

Следует обратить внимание на функции органов НСПС. Необходимо уяснить, что является объектом оценки соответствия и какие документы об оценке соответствия действуют в республике.

Основное внимание следует обратить на порядок проведения сертификации продукции, услуг и систем менеджмента качества (СМК).

### ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ

1 Сущность оценки соответствия, ее основные цели и принципы. 2 Дайте определение основным понятиям в области оценки соответствия: оценка соответствия, аккредитация, подтверждение соответствия, форма подтверждения соответствия, схема подтверждения соответствия, НСПС, сертификат соответствия. 3 Что является объектом оценки соответствия? 4 Какие основные документы об оценке соответствия действуют в республике? 5 Основные положения НСПС. 6 Перечислите органы по сертификации, в чем состоят их основные функции? 7 Какие существуют схемы сертификации продукции? 8 Каков порядок проведения сертификации продукции?

## Раздел 4 ОБЩИЕ ЭЛЕКТРОРАДИОИЗМЕРЕНИЯ

### Тема 4.1 ОБЩИЕ ВОПРОСЫ ИЗМЕРЕНИЙ

Классификация средств измерений (СИ) электрических величин. Технические и метрологические характеристики СИ. Нормирование метрологических характеристик.

Общие требования к средствам измерений. Общие структурные схемы измерительных приборов, их краткая характеристика.

[2, с. 46 – 57]

### МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

При изучении материала темы прежде всего необходимо ознакомиться с основными определениями и классификационными признаками, изучить классификацию средств измерений по признакам, четко уяснить, что представляет собой каждый вид измерительных приборов. Затем следует изучить основные технические и метрологические характеристики средств измерений. При изучении общих структурных схем средств измерений следует обратить внимание на общие структурные элементы, твердо усвоить их назначение и уметь выделять их в структурных схемах конкретных типов средств измерений.

### ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ

1 Поясните классификацию СИ на примере конкретного типа радиоизмерительного прибора (например, В7-34, С1-101, Ф2-34 и др.). 2 Перечислите общие требования, предъявляемые к СИ электрических величин. В чем состоит различие между техническими и метрологическими характеристиками СИ? 3 Как производится нормирование метрологических характеристик СИ? 4 Перечислите метрологические характеристики СИ и дайте им определение. 5 Приведите обобщенную структурную схему приборов прямого действия и поясните назначение основных элементов. 6 Приведите обобщенную структурную схему приборов сравнения и поясните назначение основных элементов. 7 Поясните различия в схемах построения приборов прямого преобразования и

сравнения, сформулируйте их основные достоинства и недостатки. 8 Приведите обобщенную структурную схему комбинированного измерительного прибора.

## Тема 4.2 ИЗМЕРЕНИЕ ТОКА И НАПРЯЖЕНИЯ

Измеряемые параметры тока и напряжения. Классификация методов и приборов для измерения тока и напряжения.

Общие сведения об электромеханических приборах и их классификация. Магнитоэлектрические приборы: принцип, устройство, область применения и основные характеристики. Расширение пределов измерения.

Измерение тока и напряжения на радиочастотах. Принцип действия, область применения и основные характеристики выпрямительных и термоэлектрических амперметров.

Измерение напряжения электронными аналоговыми вольтметрами. Аналоговые вольтметры прямого преобразования и сравнения. Типовые структурные схемы и основные функциональные узлы аналоговых вольтметров. Зависимость показаний вольтметров от формы кривой измеряемого напряжения.

Общие сведения о цифровых приборах. Измерение напряжения электронными цифровыми вольтметрами (ЦВ). ЦВ постоянного тока, реализующие времяимпульсный, частотно-импульсный и кодоимпульсный методы преобразования. ЦВ переменного тока.

[2, с. 60 – 70, 75 – 88, 93 – 102]

### МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

В начале изучения темы прежде всего необходимо обратить внимание на основные измеряемые параметры и классификацию приборов для измерения тока и напряжения. Затем при изучении материала по магнитоэлектрическим приборам следует получить четкое представление о способах преобразования электромагнитной энергии в механическую и реализации этих способов в конкретных типах измерительных механизмов. Необходимо также обратить внимание на способы создания противодействующего момента и момента успокоения, изучить метрологические и эксплуатационные характеристики.

Далее следует перейти к изучению аналоговых электронных амперметров и вольтметров и рассматривать вопросы темы в последовательности их перечисления. Необходимо получить четкое представление о принципе действия, схемах построения и особенностях устройства аналоговых амперметров с преобразователями рода тока и аналоговых вольтметров прямого преобразования и сравнения. В заключение изучения аналоговых электронных приборов следует подробно изучить зависимость показаний вольтметров от формы кривой измеряемого напряжения, знать определение коэффициентов формы и амплитуды, их использование при определении неизвестных параметров напряжения.

Переходя к изучению вопросов измерения напряжения электронными цифровыми вольтметрами, в первую очередь необходимо усвоить основные понятия в области цифровых измерительных приборов (дискретизация измеряемого сигнала во времени, квантование по уровню и цифровое кодирование).

Необходимо также четко знать системы счисления и переход из одной системы счисления в другую (например из двоичной в двоично-десятичную). Затем следует изучить классификацию цифровых вольтметров и конкретные их типы, реализующие различные методы аналого-цифрового преобразования измерительных сигналов.

### ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ

1 Приведите и дайте определение основным параметрам измеряемых напряжений. 2 Приведите основные выражения, определяющие пиковое, среднее квадратическое, средневыпрямленное и среднее значения напряжений. Как эти значения связаны между собой? 3 Перечислите возможные способы преобразования электромагнитной энергии в механическую, запишите уравнения преобразования. 4 Поясните, на чем основан принцип действия рассматриваемых в теме магнитоэлектрических приборов. 5 Какие способы создания противодействующего момента и момента успокоения вы знаете? Приведите примеры их практической реализации. 6 Как на основе магнитоэлектрических измерительных механизмов реализуются амперметры, вольтметры? 7 В чем заключаются основные причины возникновения методической погрешности при измерении тока и напряжения амперметрами и вольтметрами? Поясните способы оценки методической погрешности и ее исключения из результата измерения. 8 Поясните принцип действия выпрямительных, термоэлектрических и фотоэлектрических амперметров. 9 Каким образом осуществляется расширение пределов измерения магнитоэлектрических приборов? 10 Приведите обобщенную структурную схему электронного аналогового вольтметра. Поясните назначение основных элементов, входящих в ее состав. 11 Приведите структурные схемы электронных аналоговых вольтметров переменного тока. Укажите основные достоинства и недостатки рассмотренных схем. 12 В чем заключаются причины зависимости показаний электронных вольтметров от формы измеряемых напряжений? Определите средневыпрямленное значение несинусоидального напряжения, если измерения проводились с помощью вольтметра с пиковым детектором, шкала которого проградуирована в средних квадратических значениях синусоидального напряжения, и показания вольтметра  $U_v$ . 13 Дайте определения основным понятиям в области цифровых измерительных приборов: дискретизация во времени, квантование по уровню, цифровое кодирование. Приведите их графическую интерпретацию. 14 Перечислите основные методы аналого-цифрового преобразования электрических сигналов. Дайте их определение. 15 Приведите структурные схемы электронных цифровых вольтметров, реализующих различные методы аналого-цифрового преобразования. Поясните их принцип действия. 16 Каковы основные причины возникновения погрешностей измерения напряжений в аналоговых и цифровых вольтметрах?

### Тема 4.3 ИЗМЕРЕНИЕ МОЩНОСТИ

Общие сведения: понятия мгновенной, средней, импульсной, полной, активной и реактивной мощности. Классификация методов и приборов для измерения мощности.

Измерение поглощаемой мощности на высоких и сверхвысоких частотах. Тепловые методы: болометрический (термисторный) и термоэлектрический. Электронные методы: метод вольтметра и метод с использованием «горячих» носителей тока.

Измерение проходящей мощности. Метод с использованием направленных ответвителей, метод поглощающей стенки, метод с использованием эффекта Холла и пондеромоторный метод.

[1, с. 312 – 328; 2, с. 110 – 128]

### МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

В начале изучения темы необходимо получить четкое представление об основных понятиях и классификации методов и приборов для измерения мощности. Далее вопросы темы целесообразно изучать в порядке их перечисления, обращая внимание на принцип преобразования электромагнитной энергии в другие виды энергии с помощью первичных измерительных преобразователей. Необходимо хорошо усвоить устройство и принцип действия таких преобразователей и получить четкое представление об измерительных цепях, обеспечивающих дальнейшее преобразование и регистрацию электрических сигналов, содержащих измерительную информацию. Следует также обратить внимание на методы измерения проходящей мощности с помощью ваттметров поглощаемой мощности. В заключение рассмотрения основных вопросов темы следует обратить внимание на источники погрешностей измерения мощности, а также на методы оценки погрешностей или их исключения.

### ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ

1 Дайте определение понятиям средней, мгновенной, импульсной, полной, активной и реактивной мощности. 2 Перечислите основные источники погрешности измерения мощности в цепях постоянного и переменного токов с помощью ваттметра. 3 Какими факторами определяется рабочий диапазон частот ваттметров электромеханического типа? 4 Приведите обобщенные структурные схемы ваттметров поглощаемой и проходящей мощности. В чем заключаются особенности работы данных схем? 5 Поясните особенности термисторного и болометрического методов измерения мощности СВЧ. Укажите основные источники погрешностей измерения мощности ваттметрами, реализующими данные методы. 6 Укажите основное отличие термисторного метода измерения мощности СВЧ от термоэлектрического. 7 На основе какого физического явления работают измерители мощности, реализующие метод «горячих» носителей тока? 8 Каковы преимущества и недостатки пондеромоторного измерителя мощности? 9 Поясните принцип действия направленного ответвителя. Какие его параметры влияют на точность измерения проходящей мощности? 10 На чем основан принцип действия ваттметров проходящей мощности, реализующих метод поглощающей стенки и метод на основе эффекта Холла?

### Тема 4.4 ИЗМЕРЕНИЕ ЧАСТОТЫ И ИНТЕРВАЛОВ ВРЕМЕНИ

Общие сведения и классификация приборов для измерения частоты и интервалов времени.

Цифровые частотомеры, принцип их работы, типовая структурная схема, основные режимы работы. Цифровые частотомеры низких и высоких частот.

Измерение интервалов времени. Использование методов прямого преобразования и сравнения для измерения интервалов времени.

[1, с. 273 – 291; 2, с. 129 – 143]

### МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

В начале изучения материала темы необходимо обратить внимание на основные измеряемые параметры и классификацию методов и приборов для измерения частоты и интервалов времени. При этом нужно четко представлять, в каком частном диапазоне используются данные методы и приборы и почему. Основное внимание следует обратить на изучение принципа действия, структурных схем и основных источников погрешностей цифровых частотомеров и измерителей временных интервалов, а также способов расширения их частотных диапазонов. В заключение изучения темы необходимо рассмотреть измерители интервалов времени, реализующие методы прямого преобразования и сравнения.

### ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ

1 Приведите основные измеряемые параметры электрических сигналов, дайте определение периода и частоты сигналов. 2 Перечислите методы измерения частоты, укажите отличительные особенности и области применения каждого из них. 3 Приведите структурную схему цифрового частотомера и поясните принцип его работы. 4 Приведите структурную схему и поясните принцип работы цифрового измерителя интервалов времени. 5 Перечислите источники погрешностей цифровых измерителей частоты и интервалов времени и укажите пути их уменьшения. 6 Поясните, каким образом можно расширить пределы измерений и частотный диапазон цифровых измерителей частоты и интервалов времени. 7 В чем заключается сущность нониусного метода измерения временных интервалов?

### Тема 4.5 ИЗМЕРЕНИЕ ФАЗОВЫХ СДВИГОВ

Общие сведения и классификация приборов для измерения фазовых сдвигов между сигналами.

Метод суммы и разности напряжений. Нулевой метод. Метод преобразования фазового сдвига в интервал времени. Неинтегрирующие и интегрирующие цифровые фазометры.

Интегрирующий цифровой фазометр периодического сравнения.

[1, с. 292 – 311; 2, с. 144 – 159]

### МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

В процессе изучения материала темы необходимо рассмотреть перечисленные методы измерения фазовых сдвигов, получить четкое представление о возможностях, способах реализации и области применения каждого из них. Особое внимание следует обратить на изучение принципов работы фазометров (особенно цифровых), способов расширения их частотного диапазона, а также

особенностей измерительных фазовращателей в зависимости от используемого диапазона частот.

### ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ

1 Дайте определение фазового сдвига двух гармонических сигналов. 2 Перечислите возможные методы измерения фазовых сдвигов, приведите их сравнительную характеристику. 3 Приведите структурную схему и поясните принцип действия фазометра, реализующего метод суммы и разности напряжений. Укажите достоинства и недостатки данного метода. 4 Приведите структурную схему и поясните принцип работы фазометра, реализующего нулевой метод измерения фазовых сдвигов. 5 Какие измерительные фазовращатели используются для измерения фазовых сдвигов нулевым методом в различных частотных диапазонах? 6 Приведите структурные схемы фазометров, реализующих метод преобразования фазовых сдвигов во временной интервал. Поясните с помощью временных диаграмм и математических формул принцип их работы. 7 Каким образом может быть расширен частотный диапазон работы фазометров?

### Тема 4.6 ИССЛЕДОВАНИЕ ФОРМЫ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СИГНАЛОВ

Классификация приборов для исследования формы электрических сигналов.

Электронно-лучевые осциллографы (ЭЛО). Универсальные ЭЛО, их обобщенная структурная схема, основные параметры. Основные разновидности универсальных осциллографов. Стробоскопические осциллографы. Измерения с помощью ЭЛО.

[1, с. 244 – 272; 2, с. 160 – 194]

### МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

При изучении данной темы прежде всего необходимо получить четкое представление о способах формирования изображения на экране электронно-лучевой трубки. Затем, используя обобщенную структурную схему универсального ЭЛО, следует уяснить назначение всех функциональных элементов, изучить систему параметров основных каналов осциллографа, применяемые виды разверток и синхронизации. После детального ознакомления с обобщенной структурной схемой осциллографа следует перейти к изучению основных разновидностей универсальных осциллографов. Следующим этапом является изучение методов применения осциллографа для измерения параметров электрических сигналов и автоматизации осциллографических измерений.

### ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ

1 Каким образом формируется изображение на экране осциллографа? 2 Какими параметрами характеризуются каналы вертикального и горизонтального отклонения осциллографа? Дайте определение этим параметрам. 3 Сформулируйте условия синхронизации напряжения развертки и исследуемого сигнала. Каким образом осуществляется синхронизация в осциллографе? 4 Перечислите основные виды разверток, применяемых в осциллографе, и охарактеризуйте каждую из них. 5 В каких случаях применяется ждущая развертка?

6 Приведите методики измерения с помощью осциллографа различных параметров электрических сигналов. В чем заключаются особенности измерения параметров импульсных сигналов с помощью осциллографа?

#### Тема 4.7 ИЗМЕРЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ ЦЕПЕЙ С СОСРЕДОТОЧЕННЫМИ ПОСТОЯННЫМИ

Классификация приборов для измерения параметров цепей с сосредоточенными постоянными.

Измерение параметров двухполюсников. Мостовые измерители параметров двухполюсников. Резонансные измерители параметров двухполюсников контурного и генераторного типов. Цифровые измерители параметров двухполюсников.

[1, с. 352 – 363; 2, с. 242 – 263]

#### МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

В начале изучения темы необходимо прежде всего обратить внимание на определение основных параметров двухполюсников с сосредоточенными постоянными. Следует уяснить сущность методов измерения параметров цепей, принципы построения, структурные и функциональные схемы измерителей параметров двухполюсников. Следует обратить внимание на вопросы автоматизации измерений параметров цепей. В результате изучения темы необходимо получить представление о принципе действия, схемах и особенностях устройства мостов постоянного и переменного токов, резонансных измерителей параметров двухполюсников; уметь выводить основные расчетные соотношения для определения измеряемых параметров. В заключение изучения темы необходимо обратить внимание на источники погрешностей рассмотренных приборов, изучить их основные технические и метрологические характеристики.

#### ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ

1 Перечислите измеряемые параметры цепей с сосредоточенными постоянными. Дайте их определение. 2 Перечислите и поясните методы измерения параметров электрических цепей. 3 Объясните принцип построения и классификацию измерительных мостов. 4 Выведите обобщенное условие равновесия моста на переменном токе. 5 Приведите схемы мостов постоянного и переменного тока, укажите их области применения, источники погрешностей и метрологические характеристики. 6 Поясните суть резонансного метода измерения параметров электрических цепей, укажите его достоинства и недостатки, источники погрешностей и способы их уменьшения. 7 Приведите структурную схему и поясните принцип работы куметра, укажите область его применения, основные характеристики.

#### Тема 4.8 ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ИЗМЕРЕНИЯ НЕЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ВЕЛИЧИН

Особенности измерения неэлектрических величин электрическими средствами измерений. Методы и приборы электрических измерений неэлектрических

величин. Структурные схемы и основные функциональные узлы приборов для измерения неэлектрических величин: измерительные преобразователи и измерительные цепи. Классификация измерительных преобразователей.

Приборы для измерения температуры, геометрических и механических величин. Приборы для измерения концентрации компонентов жидкой и газообразной среды.

[3, с. 300 – 312]

### МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

Изучение данной темы необходимо начать с рассмотрения измерительных преобразователей; измерительных цепей, используемых с параметрическими и генераторными преобразователями, а также с рассмотрения основных методов измерения неэлектрических величин и принципов создания приборов. Следует получить представление о принципах действия измерительных преобразователей, их основных характеристиках и способах включения измерительных преобразователей в измерительную цепь. Необходимо знать принципы использования измерительных преобразователей для измерения различных неэлектрических величин. При изучении темы следует также обратить внимание на причины возникновения погрешностей измерения неэлектрических величин.

### ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ

1 В чем основное различие параметрических и генераторных преобразователей? 2 Перечислите измерительные преобразователи, относящиеся к параметрическим. Приведите их конструкции и поясните принцип действия. 3 Перечислите генераторные измерительные преобразователи, приведите их конструкции и поясните их принцип действия. 4 Какие методы электрических измерений используются при измерении неэлектрических величин? 5 Приведите схемы измерительных цепей генераторных и параметрических преобразователей, поясните принцип их работы и основные характеристики. 6 Назовите основные источники погрешностей электрических измерений неэлектрических величин и укажите способы их уменьшения или исключения.

### Тема 4.9 АВТОМАТИЗАЦИЯ ИЗМЕРЕНИЙ

Основные направления и принципы автоматизации измерений. Применение микропроцессоров в измерительных приборах и средствах контроля.

Измерительно-вычислительные комплексы (ИВК). Информационно-измерительные системы (ИИС). Компьютерно-измерительные системы (КИС): обобщенная структурная схема, классификация КИС, структурные схемы измерительных систем, системы автоматического контроля.

Понятие об интерфейсах. Виртуальные измерительные приборы.

[1, с. 409 – 427; 4, с. 297 – 316]

### МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

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. Кроме того, следует изучить общие принципы построения агрегатных средств измерений.

### 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 Укажите основные принципы построения агрегатных комплексов средств измерений. Приведите примеры их практической реализации. 8 Дайте определение КИС и приведите ее обобщенную структурную схему.

Примечание – Темы 4.3, 4.7 – для специальности 40 02 01; темы 4.5, 4.8, 4.9 – для специальности 53 01 07.

### КОНТРОЛЬНЫЕ ЗАДАНИЯ

Выполнение контрольных заданий является одной из важнейших 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 ПО ВЫПОЛНЕНИЮ КОНТРОЛЬНОГО ЗАДАНИЯ

Контрольное задание состоит из 10 задач и охватывает темы 1.1 – 4.8. Номера задач, подлежащих включению в индивидуальные задания, определяются по двум последним цифрам шифра студента и задаются при выдаче данных методических указаний. Номер варианта соответствует последней цифре шифра. Задачи, решенные не по своему варианту либо заданию, не засчитываются, а работа возвращается студенту без проверки.

Приступать к решению задачи следует только после полной проработки соответствующей и предыдущих тем. Условия должны быть записаны в тетрадях с контрольными решениями полностью. Решения и ответы на поставленные вопросы должны *быть обоснованными* и по возможности краткими, содержать необходимый иллюстративный материал (схемы, чертежи, графики) и выполняться в строгом 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 пояснений, могут быть не зачтены. Окончательные *результаты* измерений *должны быть представлены* в соответствии с МИ 1317-86 или ГОСТ 8.207-76 с указанием размерности физической величины. Решения задач должны заканчиваться четко сформулированными выводами.

Контрольное задание должно выполняться в отдельной тетради, на обложке которой должно быть указано название учебной дисциплины, фамилия и инициалы студента, номер шифра и группа.

## 2 ЗАДАЧИ

В задачах **1 – 4** необходимо определить предел абсолютной и относительной погрешностей измерения тока или напряжения, если измерения проводились магнитоэлектрическим прибором с классом точности  $\gamma$  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
$\gamma_1$	2,5	1,0	2,5	4,0	0,2	0,5	2,5	1,5	0,1	2,0
$\gamma_2$	2,0	0,5	4,0	5,0	1,5	1,0	1,5	2,0	0,25	4,0
$X_1$	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  $\gamma_1$ , предел  $A_1$  мА.

2 Результат измерения  $I = X_1$  мА, миллиамперметр с нулем в середине шкалы, класс точности  $\gamma_1$ , предел  $\pm A_1$  мА.

3 Результат измерения  $U = X_2$  В, вольтметр с нулем в начале шкалы, класс точности  $\gamma_2$ , предел  $A_2$  В.

4 Результат измерения  $U = X_2$  В, вольтметр с нулем в середине шкалы, класс точности  $\gamma_2$ , 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  $\gamma_1$ , длину рабочей части шкалы  $L = 80$  мм, отметке  $R_x$  соответствует длина шкалы  $l_x$  мм (см. таблицу 1).

В задачах **6 – 7** необходимо оценить инструментальные погрешности измерения тока двумя магнитоэлектрическими амперметрами с классами точности  $\gamma_1$  и  $\gamma_2$  и указать, какой из результатов получен с большей точностью, а также

могут ли показания  $I_1 = X_1$  мА и  $I_2 = X_2$  мА 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.

В задачах 8 – 11 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  $\Delta$  (таблица 2). Необходимо также обосновать выбор предела.

8 Напряжение  $U = Q_1$  В, допустимое предельное отклонение результата  $\Delta_1$  В.

9 Ток  $I = Q_2$  мА, допустимое предельное отклонение результата  $\Delta_1$  мА.

10 Напряжение  $U = Q_1$  В, допустимое предельное отклонение результата  $\Delta_2$  В.

11 Ток  $I = Q_2$  мА, допустимое предельное отклонение результата  $\Delta_2$  мА.

Таблица 2

Параметр	Вариант									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$Q_1$	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

12 Обработать ряд наблюдений, полученный 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 1317-86 или ГОСТ 8.207-76. Вид ФВ, ее размерность, число наблюдений  $N$ , первый элемент выборки ряда  $J$  взять из таблицы 3 по предпоследней цифре шифра, номер ряда взять из таблицы 4 по последней цифре шифра. Доверительную вероятность принять  $P_d = 0,95$  для четных вариантов (включая 0),  $P_d = 0,99$  – для нечетных. Например, для шифра с последними цифрами 27 следует выбрать из таблицы 3: частота, кГц,  $N = 30$ ;  $J = 6$ . Из таблицы 4 взять 7-й ряд и выбрать из него 30 членов (с 6 по 35 включительно). Доверительную вероятность принять  $P_d = 0,99$ .

Таблица 3

Параметр	Вариант									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
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 3 приняты следующие обозначения:  $I$  – ток,  $U$  – напряжение,  $f$  – частота,  $R$  – сопротивление,  $W$  – мощность,  $t$  – время,  $l$  – длина,  $C$  – емкость,  $L$  – индуктивность.

Таблица 4

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
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 4

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
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 **13 – 16** необходимо определить доверительные границы суммарной погрешности результата измерения и записать его по МИ 1317-86 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 наблюде-

ний существенно больше 30. Данные, необходимые для решения задач, взять из таблицы 5.

Таблица 5

Параметр	Вариант									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$\bar{X}$	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
$\Delta_{c1}$	0,32	0,045	1,30	0,92	0,56	0,14	1,56	0,35	2,30	0,83
$\Delta_{c2}$	0,15	0,023	0,49	0,87	0,35	0,48	0,62	0,60	0,82	0,87
$\Delta_{c3}$	0,21	0,012	0,16	0,29	0,20	0,12	0,47	0,23	0,63	0,39
$\Delta_{c4}$	0,18	0,016	0,21	0,85	0,19	0,23	1,10	0,20	0,60	0,81

13 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  $\Delta_{c1}$  и  $\Delta_{c2}$ .

14 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  $\Delta_{c1}$ ,  $\Delta_{c2}$  и  $\Delta_{c3}$ .

15 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  $\Delta_{c1}$ ,  $\Delta_{c2}$  и  $\Delta_{c3}$ . Случайная погрешность пренебрежимо мала.

16 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  $\Delta_{c3}$  и  $\Delta_{c4}$ .

В задачах 17 – 20 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 1317-86. Данные, необходимые для решения задач, взять из таблицы 6.

При этом учитывать, что в таблице 6 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;

метического;

$\hat{R}_{12}$ ,  $\hat{R}_{13}$ ,  $\hat{R}_{23}$  – 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.

17 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 6

Параметр	Вариант									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$n$	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

18 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.

19 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;  $\hat{R}_{U_1 U_2} = \hat{R}_{12}$ ,  $\hat{R}_{U_1 U_3} = \hat{R}_{13}$ ;  $\hat{R}_{U_2 U_3} = \hat{R}_{23}$ .

20 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 форму-

ле  $f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$ . При обработке принять  $\bar{L} = \bar{X}_2$  мГн;  $\bar{C} = \bar{X}_3$  мкФ;

$$\hat{\sigma}_{\bar{L}} = \hat{\sigma}_{\bar{X}_2} \text{ мГн}; \hat{\sigma}_{\bar{C}} = \hat{\sigma}_{\bar{X}_3} \text{ мкФ}; \hat{R}_{LC} = 0.$$

21 Определить угол поворота подвижной части магнитоэлектрического измерительного механизма (МЭИМ) при протекании по его рамке тока  $I$ , если известны магнитная индукция в зазоре  $B$ , активная площадь рамки  $S$ , число витков  $w$ , удельный противодействующий момент  $K_{уд}$  (таблица 7). Схематически изобразить конструкцию МЭИМ с подвижной рамкой, пояснить принцип действия.

Таблица 7

Параметр	Вариант									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$I$ , мА	5,0	4,0	3,0	2,0	1,0	4,5	3,5	2,5	1,5	0,5
$B$ , мТ	90	100	110	120	130	70	80	140	150	160
$S$ , см <sup>2</sup>	4,4	4,0	4,2	1,0	2,0	3,0	3,5	3,2	6,0	5,0
$w$ , вит.	17	18	28	85	35	25	20	23	17	15
$K_{уд} \cdot 10^{-9}$ , Н·м град	38	40	41	42	45	39	36	46	50	66
$R_i$ , Ом	1,7	2,3	3,1	4,4	7,1	8,3	9,0	9,5	13	21

22 Рассчитать для МЭИМ, параметры которого указаны в условии задачи 20, чувствительность по току  $S_I$  и постоянную по току  $C_I$ , чувствительность по напряжению  $S_U$  и постоянную по напряжению  $C_U$ . Значение внутреннего сопротивления МЭИМ  $R_i$  взять из таблицы 7.

23 Определить для МЭИМ с параметрами, указанными в условии задачи 20, значения вращающего момента  $M_{вр}$  и потребляемую мощность при протекании по рамке тока  $I$ . Значение внутреннего сопротивления МЭИМ  $R_i$  взять из таблицы 7.

24 На основе МЭИМ с внутренним сопротивлением  $R_i$ , шкалой деления  $C_i$  и шкалой с  $N$  делениями необходимо создать вольтамперметр с пределами измерения по току  $I_A$ , по напряжению  $U_V$  (таблица 8). Рассчитать сопротивление шунта и добавочного резистора, определить цену деления по току  $C_I$  и по напряжению  $C_U$ , начертить принципиальную схему вольтамперметра.

25 Воспользовавшись условием задачи 23, рассчитать сопротивление шунта и внутреннее сопротивление амперметра, полученное при расширении его предела измерения по току до значения  $I_A$ . Определить методическую погрешность измерения тока при включении амперметра в цепь (рисунок 1, а). Сопротивление нагрузки  $R_{н1}$  взять из таблицы 8.

26 Воспользовавшись условием задачи 23, рассчитать сопротивление добавочного резистора и внутреннее сопротивление вольтметра после расширения предела измерения по напряжению до значения  $U_V$ . Определить методическую погрешность измерения напряжения при включении прибора в цепь (рисунок 1, б).

Внутреннее сопротивление источника ЭДС  $R_0$  и нагрузки  $R_{H2}$  взять из таблицы 8.

Таблица 8

Параметр	Вариант									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$R_i$ , кОм	0,13	0,681	1,56	1,98	1,27	2,15	0,82	0,995	1,43	0,797
$C_b$ , мкА/дел	5,0	2,0	2,5	1,0	0,5	1,0	5,0	2,0	4,0	2,0
$N$ , дел	100	50	200	150	100	75	50	100	50	75
$I_A$ , мА	4,0	20	40	30	2,5	3,0	2,5	10	25	15
$U_V$ , В	2,0	5,0	10	7,5	2,0	3,0	5,0	2,0	5,0	15
$R_{H1}$ , Ом	50	40	100	47	120	110	130	51	33	22
$R_0$ , кОм	0,5	2,0	1,5	1,8	2,4	8,2	5,6	0,8	4,7	9,1
$R_{H2}$ , кОм	2,0	5,1	7,5	9,1	10,0	1,2	1,0	3,3	8,2	12,0

27 В процессе измерения тока в цепи (см. рисунок 1, а) получен результат  $I_x$ . Определить методическую погрешность измерения и действительное значение тока  $I$ , выбрав параметры цепи из таблицы 9.

28 В процессе измерения напряжения в цепи (см. рисунок 1, б) получен результат  $U_x$ . Определить методическую погрешность измерения и действительное значение падения напряжения  $U$  на резисторе  $R_{H2}$ , выбрав параметры цепи из таблицы 9.

Таблица 9

Параметр	Вариант									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$I_x$ , мА	2,2	31,5	5,9	12	109	215	67	54	36	150
$R_A$ , Ом	18,2	43,8	20,1	54,8	9,8	3,2	5,95	16,3	21,8	9,5
$R_{H1}$ , Ом	93	150	82	75	44	8,5	9,1	10,2	77	17
$U_x$ , В	31,2	5,3	48	1,5	3,6	71	18,5	9,2	4,7	51
$R_0$ , кОм	7,5	0,5	56	9,8	1,0	10	9,7	3,3	12	91
$R_{H2}$ , кОм	12	27,0	5,1	1,2	18	150	82	16	40	82
$R_V$ , кОм	100	50	200	40	50	100	40	50	25	100

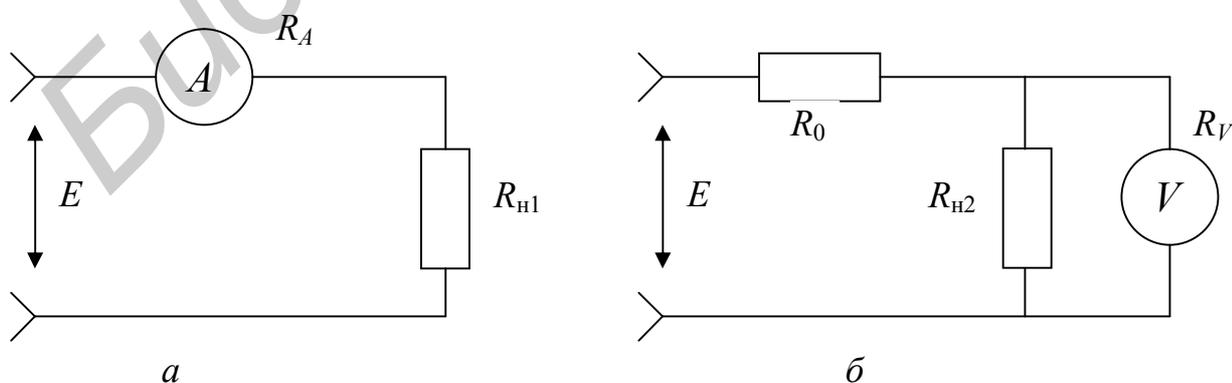


Рисунок 1

В задачах 29 – 31 необходимо определить амплитудное  $U_m$ , среднее квадратическое  $U_{ск}$  и средневыпрямленное  $U_{св}$  значения напряжения, поданного на вход электронного вольтметра с пиковым детектором, закрытым входом со шкалой, отградуированной в средних квадратических значениях синусоидального напряжения. Показания вольтметра  $U_1$  (таблица 10). Оценить также пределы основной инструментальной погрешности измерения  $U_m$ ,  $U_{ск}$ ,  $U_{св}$ , выбрав соответствующий предел измерения из ряда ...3; 10; 30; 100; ... В. Результаты представить по ГОСТ 8.207-76.

Таблица 10

Параметр	Вариант									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$U_1$ , мВ	26,4	515	42	72	27,6	15,7	152	61	550	246
$U_2$ , мВ	24,0	455	36	58	216	12,4	113	44	380	174
$U_3$ , мВ	24,2	440	33	49	178	9,5	86,5	32	280	110
$K_a$	1,73	1,86	1,6	1,5	1,55	1,95	1,65	1,6	1,70	2,1
$K_{\phi}$	1,16	1,32	1,1	1,2	1,05	1,43	1,21	1,15	1,25	1,35
$Q$	30	40	50	10	20	30	40	10	20	30

29 Импульсный сигнал скважностью  $Q$  (рисунок 2, таблица 10) подан в положительной полярности на вход вольтметра с классом точности 1,5.

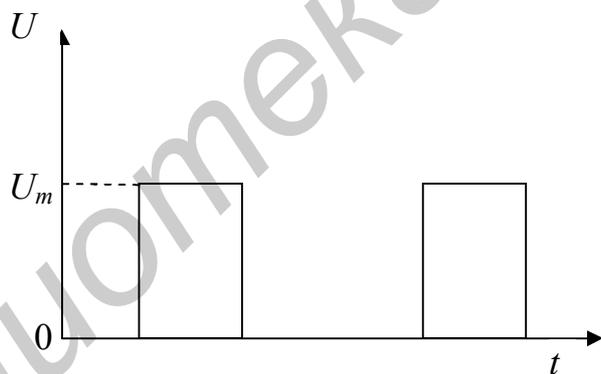


Рисунок 2

30 Сигнал синусоидальной формы после однополупериодного выпрямителя имеет  $K_a = 2,0$  и  $K_{\phi} = 1,76$ . Подан в положительной полярности на вход вольтметра с классом точности 2,5.

31 Сигнал синусоидальной формы после мостового выпрямителя имеет  $K_a = 1,41$  и  $K_{\phi} = 1,11$ . Подан в положительной полярности на вход вольтметра с классом точности 2,0.

32 Определить амплитудное, среднее квадратическое и средневыпрямленное значения напряжения пилообразной формы ( $K_a = 1,73$ ;  $K_{\phi} = 1,16$ ), поданного на вход электронного вольтметра с классом точности 2,0 с детектором средневыпрямленного значения, вход открытый, шкала отградуирована в средних квадратических значениях синусоидального напряжения. Показания вольтметра

$U_1$  (см. таблицу 10). Оценить также пределы основной инструментальной погрешности измерения этих значений, выбрав соответствующий предел из ряда ... 3; 10; 30; 100; ... В.

В задачах **33 – 35** необходимо по известным показаниям одного из вольтметров определить показания двух других. Вольтметры имеют открытые входы, шкалы их отградуированы в средних квадратических значениях синусоидального напряжения, детекторы соответственно пиковый, среднего квадратического и средневыпрямленного значений. Измеряемые напряжения имеют коэффициенты амплитуды  $K_a$  и формы  $K_\phi$  (см. таблицу 10).

33 Показания вольтметра с пиковым детектором  $U_1$ .

34 Показания вольтметра с детектором среднего квадратического значения  $U_2$ .

35 Показания вольтметра с детектором средневыпрямленного значения  $U_3$ .

36 Напряжение сигнала неизвестной формы измерялось тремя вольтметрами с детекторами, описанными в условиях задач 32 – 34. Определить коэффициенты амплитуды и формы, если показания вольтметров: с пиковым детектором  $U_1$ , с детекторами среднего квадратического значения –  $U_2$  и средневыпрямленного –  $U_3$  (см. таблицу 10).

37 Определить погрешность измерения частоты  $f_x$  (время измерения  $T_n$ ) и периода этого же сигнала (период счетных импульсов  $T_0$ , интегрирующий режим) цифровым частотомером. Нестабильность частоты кварцевого генератора  $\delta_0$  (таблица 11). Сравнить результаты.

Таблица 11

Параметр	Вариант									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$f_x$ , кГц	840	1215	56	3,8	570	1415	5,9	27	240	82,5
$T_n$ , с	0,1	0,01	1,0	10	0,1	0,01	10	1,0	1,0	1,0
$T_0$ , мкс	0,01	0,01	1,0	1,0	0,1	0,01	1,0	0,1	0,1	0,1
$\pm\delta_0 \cdot 10^{-6}$	2,0	5,0	20	10	5,0	50	1,0	2,0	4,0	25
$T_x$ , мс	0,36	0,05	18,2	285	1,23	0,84	37	6,8	4,5	92,5
$\pm\delta_1$ , %	0,09	0,05	0,08	0,05	0,06	0,07	0,08	0,09	0,07	0,06
$\pm\delta_2 \cdot 10^{-3}$ , %	5,0	4,0	3,0	3,0	5,0	3,0	5,0	4,0	3,0	4,0

38 Определить погрешность измерения периода  $T_x$  цифровым частотомером при измерении за один период и за десять периодов сигнала. Период следования импульсов кварцевого генератора  $T_0$ , нестабильность его частоты  $\delta_0$  (см. таблицу 11). Перечислите способы повышения точности измерения  $T_x$ .

39 При измерении интервала времени  $\tau_x$  цифровым частотомером погрешность измерения составила  $\delta_1$ . Как необходимо изменить период счетных импульсов, чтобы погрешность не превышала  $\delta_2$ , если нестабильность частоты кварцевого генератора не более  $\delta_0$  (см. таблицу 11)?

40 Определить фазовый сдвиг и погрешность его измерения методом суммы и разности напряжения. Измерения проводились многопредельным вольтметром класса точности  $\gamma$  с пределами ... 30, 50, 100, 150, ... мВ. Результат измерения напряжений  $U_1 = U_2 = U$ , их суммы  $U_c$  (таблица 12).

41 Решить задачу 40 при условии, что измерялась не сумма, а разность сигналов  $U_p$  (см. таблицу 12).

Таблица 12

Параметр	Вариант									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$U_s$	80	70	90	85	75	60	65	95	80	75
$U_{p_s}$	32	40	52	14	12	24	27	32	15	8
$U_{c_s}$	140	120	150	130	140	100	110	120	140	120
$\gamma$	1,5	1,0	2,0	2,5	0,5	1,0	1,5	2,5	2,0	0,5
$\varphi_{np}$ , град	200	150	250	200	300	150	200	150	200	250
$U_{np}$ , мВ	90	180	360	180	60	45	30	18	90	30
$f_0$ , кГц	180	450	720	270	540	900	1800	360	3600	1500
$\pm\delta_0 \cdot 10^6$	10	20	50	2,0	20	10	5,0	2,0	20	15
$n$ , ед/град	1	10	10	1	1	1	10	1	10	10

42 Цифровой интегрирующий фазометр имеет постоянное время измерения  $T_{и}$ , разрешающую способность  $n$  и частоту опорного генератора  $f_0$  (см. таблицу 12). Определить  $T_{и}$  и перечислить составляющие инструментальной погрешности измерения, изобразить функциональную схему и временные диаграммы, пояснить принцип действия.

43 Определить частоту синусоидального сигнала, поданного на вход  $Y$  электронного осциллографа, если на вход  $X$  подан сигнал частотой  $f_1$  и на экране получена интерференционная фигура (таблица 13). Привести структурную схему эксперимента.

44 Определить частоту сигнала, поданного на вход  $Z$  осциллографа, если на входы  $X$  и  $Y$  поданы сигналы синусоидальной формы частотой  $f_2$ , сдвинутые по фазе относительно друг друга на  $90^\circ$ . Количество разрывов изображения  $n$  (см. таблицу 13). Привести также вид осциллограммы и структурную схему эксперимента.

44 Определить вид интерференционной фигуры, если на вход  $Y$  осциллографа подан синусоидальный сигнал частотой  $f_1$ , а на вход  $X$  – частотой  $f_2$  (см. таблицу 13).

В задачах 45 – 49 по приведенным на рисунках 3 – 5 в масштабе 1:1 осциллограммам необходимо определить параметры сигналов, указанных в условии задачи. Значения коэффициентов отклонения  $K_o$  и развертки  $K_p$  электронного осциллографа выбрать из таблицы 13.

Таблица 13

Параметр	Вариант									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$f_1$ , кГц	0,1	0,5	1,0	1,5	2,0	0,3	0,2	0,4	0,4	0,8
$f_2$ , кГц	0,2	0,25	2,0	4,5	1,0	0,1	0,6	0,2	0,2	0,4
Фигура										
$n$ , шт.	2	3	4	5	4	3	7	6	3	8
$K_p$ , мкс/дел	1	2	5	0,1	0,2	0,5	1	2	5	0,1
$K_o$ , мВ/дел	1	0,1	0,2	0,5	1	2	5	1	0,2	0,5
$\pm\delta_x$ , %	0,2	0,1	0,5	0,1	0,1	0,2	0,5	0,2	0,1	0,25
$\tau_{и}$ , мкс	400	300	100	150	250	350	450	500	400	300

45 Определить амплитуду и период сигнала (см. рисунок 3).

46 Определить амплитуду и длительность импульса (см. рисунок 4).

47 Определить амплитуду и длительность фронта импульса (см. рисунок 4).

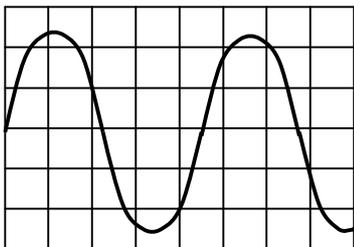


Рисунок 3

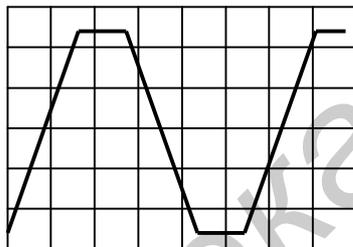


Рисунок 4

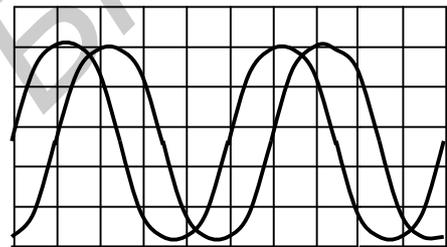


Рисунок 5

48 Определить значение фазового сдвига между двумя гармоническими сигналами (см. рисунок 5) и амплитуду этих сигналов.

49 Определить значение фазового сдвига между двумя гармоническими сигналами (см. рисунок 5) и период этих сигналов.

50 Найти результат измерения периода  $T$  сигнала, а также абсолютную и относительную погрешности результата, если длина отрезка, соответствующего периоду,  $L_T = 4,5$  дел. Значения коэффициента развертки  $K_p$  и его погрешности  $\delta_x$  приведены в таблице 13.

51 Выбрать оптимальный коэффициент развертки  $K_p$  из возможных (100 мкс/дел., 50 мкс/дел., 20 мкс/дел., 10 мкс/дел.) для измерения длительности импульса  $\tau_{и}$  (значения взять из таблицы 13). Размеры экрана ЭЛЮ –  $Y \times X = (8 \times 10)$  дел.

В задачах 52 – 55 необходимо по типу измеряемого элемента выбрать схему моста, записать для нее условие равновесия, получить из него выражения для  $C_x$ ,  $R_x$ ,  $\text{tg}\delta$  или  $L_x$ ,  $R_x$ ,  $Q$  и определить их. При этом измеряемый реальный элемент заменить соответствующей эквивалентной схемой, трансформировав при необходимости схему моста. На окончательной схеме показать в виде переменных элементы (резисторы, конденсаторы и т. д.), которыми его следует уравновешивать, чтобы обеспечить прямой отсчет заданных в условии величин. Частота питающего напряжения 1 кГц.

52 Конденсатор с малыми потерями. Параметры элементов моста – таблица 14. Прямой отсчет  $C_x$  и  $\operatorname{tg}\delta$ .

Таблица 14

Параметр	Вариант									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$R_2$ , Ом	100	830	1500	2700	560	3600	330	4700	620	4100
$R_3$ , кОм	8,2	2,2	3,3	4,7	7,5	2,7	1,5	5,1	2,0	1,0
$R_4$ , кОм	5,1	12	18	15	9,1	22	2,7	24	7,5	16
$C_3$ , нФ	2,2	15	12	5,1	3,3	33	47	18	56	82

53 Конденсатор с большими потерями. Параметры элементов моста – таблица 14. Прямой отсчет  $C_x$  и  $R_x$ .

54 Катушка индуктивности с малой добротностью. Параметры элементов моста – таблица 14. Прямой отсчет  $L_x$  и  $Q$ .

55 Катушка индуктивности с большой добротностью. Параметры элементов моста – таблица 14. Прямой отсчет  $L_x$  и  $R_x$ .

56 Измерение линейного перемещения  $l_x$  объекта производилось с помощью индуктивного преобразователя (рисунок 6) с воздушным зазором  $\delta$ , который изменяется под действием измеряемой величины  $l_x$ . В результате измерения были определены начальное  $L_0$  и конечное  $L_k$  значения индуктивности преобразователя. Определить величину линейного перемещения  $l_x$  объекта, если известно, что функция преобразования описывается математическим выражением  $L = a + b\delta^2$ . Значения  $L_0$ ,  $L_k$ ,  $a$  и  $b$  приведены в таблице 15.

57 Измерение углового перемещения  $\alpha_x$  объекта производилось с помощью преобразователя (рисунок 7) с переменной площадью пластин. Пластина 1 жестко скреплена с валом и перемещается относительно пластины 2 так, что величина воздушного зазора между ними сохраняется неизменной. Определить значение углового перемещения  $\alpha_x$  объекта, если измерены начальное  $C_0$  и конечное  $C_k$  значения емкости преобразователя. Значения  $R$ ,  $r$ ,  $C_0$ ,  $C_k$  и  $\delta$  приведены в таблице 15.

58 Измерение линейного перемещения  $l_x$  объекта производилось с помощью реостатного преобразователя, имеющего функцию преобразования с начальным сопротивлением  $R_0$  (рисунок 8). Определить линейное перемещение  $l_x$  объекта, если известно, что при перемещении объекта было определено конечное значение сопротивления  $R_k$ . Цена деления масштабной сетки по оси абсцисс  $K_x$  и по оси ординат  $K_y$ . Значения  $R_0$ ,  $R_k$ ,  $K_x$  и  $K_y$  приведены в таблице 15.

59 Определить чувствительность термоэлектрического преобразователя  $S_x$ , если известно, что измерение температуры проводилось с помощью термопары ТХК (хромель-копель, см. ГОСТ 3044-84). При этом были определены начальное  $E_0$  и конечное  $E_k$  значения термоЭДС. Значения  $E_0$  и  $E_k$  приведены в таблице 15.

Таблица 15

Параметр	Вариант									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$L_k$ , мГн	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9	2,0	2,1	2,2	2,3	2,4
$L_0$ , мГн	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4
$a$ , мГн	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
$b$ , мГн/мм <sup>2</sup>	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1
$R$ , мм	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
$r$ , мм	9	12	13	12	15	14	17	17	19	18
$C_0$ , пФ	10	20	30	40	10	20	50	30	40	50
$C_k$ , пФ	100	80	60	50	40	45	40	30	20	10
$\delta$ , мм	0,01	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06	0,07	0,08	0,09	0,1
$R_0$ , кОм	5,5	6,5	7,5	8,5	9,5	10,5	11,5	12,5	13,5	14,5
$R_k$ , кОм	10	20	15	16	20	18	35	64	36	100
$K_x$ , кОм/дел.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$K_y$ , мм/дел.	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1
$E_0$ , мВ	-5,89	-4,91	-2,92	-1,88	-0,77	0	0,79	1,61	1,82	2,44
$E_k$ , мВ	0	4,092	6,137	8,533	10,151	12,207	16,395	20,64	29,12	33,27

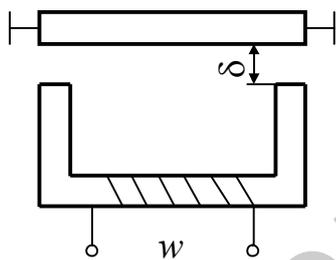


Рисунок 6

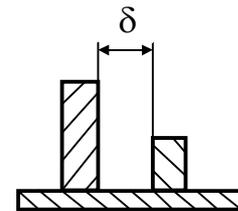
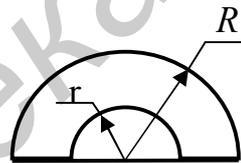


Рисунок 7

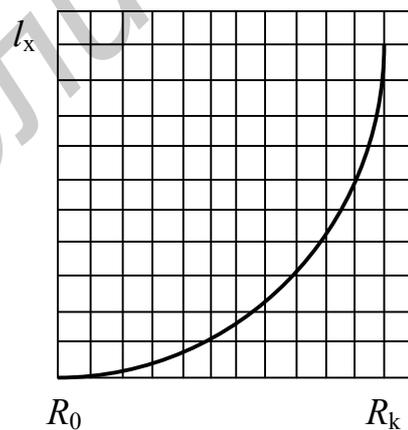


Рисунок 8

60 Привести структуру системы технического нормирования и стандартизации Республики Беларусь и охарактеризовать функции входящих в нее органов.

61 Перечислить виды технических нормативных правовых актов в области технического нормирования и стандартизации, применяемых в республике. Укажите требования к этим видам ТНПА.

62 Записать ряд предпочтительных чисел  $EA$ , ограниченный числом  $B$  в качестве нижнего предела и числом  $C$  в качестве верхнего предела. Значения  $A$ ,  $B$ ,  $C$  взять из таблицы 16.

63 Записать производный ряд предпочтительных чисел  $RD/T$  в диапазоне чисел  $0,1 \dots 160$  с обязательным включением числа  $K$ . Значения  $D$ ,  $T$ ,  $K$  взять из таблицы 16.

64 Охарактеризовать методы стандартизации – ограничение и типизацию. Привести примеры их применения при производстве систем телекоммуникаций. В чем выражается технико-экономический эффект от их применения?

Таблица 16

Параметр	Вариант									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$A$	3	6	12	24	3	6	12	24	6	12
$B$	0,013	0,24	0,31	1,4	162	7,5	5,4	42	0,021	24
$C$	9,4	78	24	78	2264	1052	493	790	44	732
$D$	5	10	20	40	5	10	20	40	10	20
$T$	2	2	3	4	3	3	4	5	4	4
$K$	3,8	25	72	0,24	8,4	0,45	39	7,6	33	5,2

65 Охарактеризовать методы стандартизации – унификацию и агрегатирование. Привести примеры их применения при производстве систем телекоммуникаций. В чем выражается технико-экономический эффект от их применения?

66 Привести организационную структуру Национальной системы подтверждения соответствия Республики Беларусь. Перечислить основные функции органов по сертификации.

67 Привести порядок проведения сертификации продукции в НСПС.

68 Привести порядок проведения сертификации систем менеджмента качества в НСПС.

*Учебное издание*

## **МЕТРОЛОГИЯ, СТАНДАРТИЗАЦИЯ И СЕРТИФИКАЦИЯ В ИНФОРМАТИКЕ И РАДИОЭЛЕКТРОНИКЕ**

Рабочая программа, методические указания и контрольные задания  
для студентов специальностей

1-53 01 07 «Информационные технологии и управление в технических системах»,  
1-40 02 01 «Вычислительные машины, системы и сети»  
заочной формы обучения

Составители:

**Минченко Ольга Игоревна**  
**Гусынина Юлия Анатольевна**

Редактор Е. Н. Батурчик  
Корректор Л. А. Шичко

---

Подписано в печать 29.01.2010.	Формат 60x84 1/16.	Бумага офсетная.
Гарнитура «Таймс».	Отпечатано на ризографе.	Усл. печ. л. 2,21.
Уч.-изд. л. 2,0.	Тираж 200 экз.	Заказ 391.

---

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