

Министерство образования Республики Беларусь  
Учреждение образования «Брестский государственный технический  
университет»  
Филиал Учреждения образования «Брестский государственный  
технический университет»  
Политехнический колледж  
Радиотехническое отделение

УТВЕРЖДАЮ

Заместитель директора по учебной  
работе

\_\_\_\_\_ С. В. Маркина  
« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2017

## ЭЛЕКТРОРАДИОИЗМЕРЕНИЯ

### **МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ**

для выполнения домашней контрольной работы  
для учащихся заочной формы обучения специальности 2-39 02 32  
«Проектирование и производство радиоэлектронных средств»

Разработал: Седлавский С.И., преподаватель Филиала УО «Брестский государственный технический университет» Политехнический колледж.

Методические указания разработаны на основании учебной программы учебной дисциплины «Электрорадиоизмерения», утвержденной директором Филиала УО «Брестский государственный технический университет» Политехнический колледж 14.06.2016года.

Методические указания обсуждены и рекомендованы к использованию на заседании цикловой комиссии радиотехнических дисциплин.

Пр. № \_\_\_\_\_ от « \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2017г.

Председатель цикловой комиссии \_\_\_\_\_ Л.П. Бойко

## ВВЕДЕНИЕ

Учебная программа учебной дисциплины «Электрорадиоизмерения» предусматривает изучение принципов работы современных электрорадиоизмерительных приборов, видов и методов измерений, погрешностей измерений и методов обработки однократных и многократных измерений.

Базой для изучения учебной дисциплины «Электрорадиоизмерения» являются знания, полученные при изучении «Теоретических основ электротехники», «Основ электроники и микроэлектроники», «Источников питания РЭУ».

В соответствии с требованиями образовательного стандарта Республики Беларусь **ОС РБ 2-39 02 32-2015** в результате изучения учебной дисциплины учащийся должен:

**знать на уровне представления:**

- эталоны физических величин;
- современное состояние и перспективы развития измерительной техники;
- основные направления автоматизации измерений, принципы построения информационно-измерительных систем и комплексов;
- методологии выбора приборов для измерения параметров электрических величин;

**знать на уровне понимания:**

- устройство и принцип работы электромеханических и цифровых электроизмерительных приборов;
- способы измерения параметров цепей постоянного и переменного тока;
- способы обработки результатов измерения;
- основы теории погрешностей, влияние измерительных приборов на точность измерений;
- принципы и методы средств измерений электрических величин в широком диапазоне частот и пределах значений измеряемых физических величин;
- принципы построения и структурные схемы конкретных типов современных электро- и радиоизмерительных приборов;

**уметь:**

- измерять напряжение, мощность, разности фаз различными методами;
- исследовать формы электрических сигналов с помощью электронного осциллографа;
- определять метрологические характеристики измерительных приборов.
- выбирать методы и средства измерений;

– эксплуатировать применяемую электро- и радиоизмерительную аппаратуру, выполнять измерения, оценивать их точность, проводить математическую обработку и оформлять результаты измерений;

– выявлять причины и источники, оценивать характер снижения точности измерений;

Настоящее пособие содержит программу учебной дисциплины, перечень рекомендуемой учебной литературы, методические указания по изучению содержания разделов и тем, вопросы для самоконтроля, задания для контрольной работы и методические указания по их выполнению.

# **1 ОБЩИЕ МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ИЗУЧЕНИЮ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**

Основной формой изучения учебной дисциплины является самостоятельная работа учащихся над учебниками и учебными пособиями. Учебным планом предусмотрены установочные и обзорные занятия. Установочные занятия проводятся перед изучением дисциплины с целью ознакомления учащихся с её содержанием и методикой его дальнейшего изучения. Обзорные занятия проводятся в период лабораторно-экзаменационной сессии после самостоятельного изучения учащимися учебной дисциплины, с целью помочь систематизировать знания, полученные в процессе изучения, и ответить на возникшие при этом вопросы. Кроме того, по основным разделам курса учащийся может получить консультацию по всем вопросам теории учебной дисциплины и практики решения задач.

Изучать каждую тему рекомендуется в такой последовательности. На первом этапе внимательно и вдумчиво прочитать в учебной литературе содержание всей темы, обратив особое внимание на общий подход к изучаемому вопросу. На втором этапе материал должен быть изучен во всех подробностях.

Программой предусмотрено выполнение учащимися лабораторных работ по изучению измерительных приборов и измерению параметров электрических и радиотехнических сигналов.

## 2 ПЕРЕЧЕНЬ РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

### Основная

- 1 Шишмарёв, В. Ю. Электрорадиоизмерения / В. Ю. Шишмарёв, В.И. Шанин. М., 2004.
- 2 Метрология и электрорадиоизмерения / под. ред. В.И. Нефедова. М., 2001.
- 3 Елизаров, А.С. Электрорадиоизмерения / А.С. Елизаров. Мн., 1986.
- 4 Мирский, Г.Я. Электронные измерения / Г. Я. Мирский. М., 1986.
- 5 Винокуров, В. И. Электрорадиоизмерения / В.И. Винокуров. М., 1986.

### Дополнительная

- 6 Жеребцов, И.П. Основы электроники / И.П. Жеребцов. Л., 1989.
- 7 Зайчик, И.Ю. Практикум по электрорадиоизмерениям / И. Ю. Зайчик, М., 1985.

### Нормативная

- 8 ТР 2007/003/ВУ Единицы измерений допущенные к применению на территории Республики Беларусь
- 9 ТКП 8.000-2012 Система обеспечения единства измерений Республики Беларусь. Основные правила организации и функционирования
- 10 ТКП 8.003-2011 Система обеспечения единства измерений Республики Беларусь. Поверка средств измерений. Правила проведения работ
- 11 ТКП 8.004-2012 Система обеспечения единства измерений Республики Беларусь. Метрологическая аттестация средств измерений. Правила проведения работ
- 12 СТБ 8037-2014 Система обеспечения единства измерений Республики Беларусь. Приборы и преобразователи измерительные напряжения, тока, сопротивления цифровые. Общие требования к методике поверки
- 13 СТБ 8038-2014 Система обеспечения единства измерений Республики Беларусь. Частотомеры электронно-счетные. Методика поверки
- 14 ГОСТ 22261 «Средства измерений электрических величин. ОТТ».
- 15 ГОСТ 8. 711 «Амперметры, вольтметры, классы точности».
- 16 ГОСТ 23217 «Условные обозначения, наносимые на электроизмерительные приборы и вспомогательные части».
- 17 ГОСТ 15094 «Приборы электронные радиоизмерительные. Наименование и обозначение».
- 18 ГОСТ 9781 «Вольтметры электронные. Технические требования».
- 19 ГОСТ 23767 «Генераторы измерительные и методы испытания».

### 3 ТЕМАТИЧЕСКИЙ ПЛАН УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Раздел, тема	Количество учебных часов	
	Всего	В том числе на лабораторные работы
1	2	3
<b>Введение</b>	<b>1</b>	
<b>Раздел 1 Аналоговые электромеханические измерительные приборы</b>	<b>5</b>	
1.1 Общие сведения об аналоговых электромеханических измерительных приборах	1	
1.2 Измерительные механизмы магнитоэлектрической, электромагнитной, электродинамической, электростатической систем	2	
1.3 Параметры переменного тока и напряжения, связь между ними	1	
1.4 Измерение тока и напряжения аналоговыми электромеханическими измерительными приборами	1	
<b>Раздел 2 Выпрямительные и термоэлектрические приборы</b>	<b>2</b>	
2.1 Выпрямительные приборы	1	
2.2 Термоэлектрические приборы	1	
<b>Раздел 3 Электронные вольтметры</b>	<b>10</b>	<b>6</b>
3.1 Аналоговые электронные вольтметры постоянного и переменного напряжения	6	
<i>Лабораторная работа № 1 «Изучение и подготовка к работе аналоговых электронных вольтметров»</i>		2
<i>Лабораторная работа № 2 «Измерение постоянных и переменных напряжений вольтметрами различных типов»</i>		2
3.2 Импульсные вольтметры	1	
3.3 Цифровые вольтметры	3	
<i>Лабораторная работа № 3 «Измерение постоянных и переменных напряжений цифровыми вольтметрами»</i>		2
<b>Раздел 4 Измерение мощности</b>	<b>4</b>	<b>2</b>
4.1 Измерение мощности в цепях постоянного тока и тока промышленной частоты	4	
<i>Лабораторная работа № 4 «Измерение мощности электрического тока»</i>		2
<b>Раздел 5 Измерительные генераторы</b>	<b>12</b>	<b>8</b>
5.1 Классификация генераторов. Назначение	1	
5.2 Генераторы сигналов низкочастотные	3	
<i>Лабораторная работа № 5 «Работа с генератором низкой</i>		2

частоты»		
5.3 Генераторы сигналов высокочастотные	5	
<i>Лабораторная работа № 6 «Изучение и подготовка к работе измерительных генераторов различных типов»</i>		2
<i>Лабораторная работа № 7 «Работа с генератором высокой частоты»</i>		2
5.4 Генераторы импульсов и шумовых сигналов	3	
<i>Лабораторная работа № 8 «Работа с генератором импульсов»</i>		2
<b>Раздел 6 Электронные осциллографы</b>	<b>16</b>	<b>10</b>
6.1 Устройство и принцип действия универсального электронного осциллографа	6	
<i>Лабораторная работа № 9 «Изучение и подготовка к работе универсального электронного осциллографа»</i>		2
<i>Лабораторная работа № 10 «Определение чувствительности осциллографа, получение фигур Лиссажу»</i>		2
6.2 Техника измерений электронным осциллографом	6	
<i>Лабораторная работа № 11 «Измерение электронным осциллографом параметров синусоидального сигнала»</i>		2
<i>Лабораторная работа № 12 «Измерение электронным осциллографом параметров импульсного сигнала»</i>		2
6.3 Двухканальные осциллографы. Понятие о двухлучевом осциллографе	4	
<i>Лабораторная работа № 13 «Исследование электрических сигналов двухканальным осциллографом»</i>		2
<b>Раздел 7 Исследование амплитудно-частотных характеристик</b>	<b>4</b>	<b>2</b>
7.1 Исследование амплитудно-частотных характеристик	4	
<i>Лабораторная работа № 14 «Изучение и подготовка к работе измерителя амплитудно-частотных характеристик. Снятие амплитудно-частотной характеристики четырёхполосника»</i>		2
<b>Раздел 8 Анализаторы спектра и измерители нелинейных искажений</b>	<b>6</b>	<b>2</b>
8.1 Анализаторы спектра	2	
8.2 Измерители нелинейных искажений	3	
<i>Обязательная контрольная работа</i>	1	
<i>Лабораторная работа № 15 «Изучение и подготовка к работе измерителя нелинейных искажений. Работа с измерителем нелинейных искажений»</i>		2
<b>Раздел 9 Измерение параметров модулированных сигналов</b>	<b>4</b>	<b>2</b>
9.1 Измерение параметров модулированных сигналов	4	
<i>Лабораторная работа № 16 «Измерение параметров ам-</i>		2



плитудно-модулированного сигнала с помощью электронного осциллографа»		
<b>Раздел 10 Измерение частоты и интервалов времени</b>	<b>4</b>	<b>2</b>
10.1 Измерение частоты	1	
10.2 Измерение интервалов времени	3	
<i>Лабораторная работа № 17 «Измерение частоты и интервалов времени электронно-счётным частотомером»</i>		2
<b>Раздел 11 Измерение фазового сдвига</b>	<b>4</b>	<b>2</b>
11.1 Измерение фазового сдвига	4	
<i>Лабораторная работа №18 «Измерение фазового сдвига электрических сигналов»</i>		2
<b>Раздел 12 Измерение параметров цепей с сосредоточенными постоянными</b>	<b>8</b>	<b>4</b>
12.1 Мостовой метод измерения параметров	4	
<i>Лабораторная работа № 19 «Работа с измерительными мостами»</i>		2
12.2 Цифровой метод измерения параметров	4	
<i>Лабораторная работа № 20 «Измерение параметров двухполосников измерителем иммитанса»</i>		2
<b>Раздел 13 Измерение в цепях СВЧ</b>	<b>4</b>	
13.1 Особенности измерительных генераторов СВЧ-диапазона	2	
13.2 Измерение мощности на СВЧ	2	
<b>Раздел 14 Измерение параметров полупроводниковых приборов и интегральных схем</b>	<b>4</b>	<b>2</b>
14.1 Измерение параметров полупроводниковых приборов	3	
<i>Лабораторная работа № 21 «Измерение параметров полупроводниковых приборов»</i>		2
14.2 Измерение параметров интегральных схем	1	
<b>Раздел 15 Автоматизация измерений</b>	<b>2</b>	
15.1 Основные направления автоматизации	1	
15.2 Понятие об автоматизированных измерительных системах	1	
<b>Итого</b>	<b>90</b>	<b>42</b>

## **4 СОДЕРЖАНИЕ**

### **Введение**

Цели и задачи изучения дисциплины. Основные понятия, термины и определения, используемые в метрологии. Метрология, измерения, методы измерений, средства измерений (СИ). Погрешности измерений.

### **Раздел 1 Аналоговые электромеханические измерительные приборы**

#### **1.1 Общие сведения об аналоговых электромеханических измерительных приборах**

Общие сведения об аналоговых измерительных приборах. Классификация измерительных приборов. Шкалы измерительных приборов и условные обозначения, наносимые на шкалы измерительных приборов.

#### **1.2 Измерительные механизмы магнитоэлектрической, электромагнитной, электродинамической, электростатической систем**

Магнитоэлектрические и электромагнитные измерительные механизмы. Электродинамические и электростатические измерительные механизмы.

#### **1.3 Параметры переменного тока и напряжения, связь между ними**

Измеряемые параметры переменных токов и напряжений. Мгновенное, среднее, средневыпрямленное, действующее, пиковое значения тока и напряжения, связь между параметрами. Коэффициент амплитуды и коэффициент формы.

#### **1.4 Измерение тока и напряжения аналоговыми электромеханическими измерительными приборами**

Классификация приборов для измерения силы тока. Измерение постоянных токов аналоговыми электромеханическими амперметрами. Расширение пределов измерения амперметров. Классификация приборов для измерения напряжения. Измерение напряжений постоянных токов аналоговыми электромеханическими вольтметрами. Расширение пределов измерения вольтметров.

### **Раздел 2 Выпрямительные и термоэлектрические приборы**

#### **2.1 Выпрямительные приборы**

Выпрямительные амперметры. Схемы одно и двухполупериодного выпрямления. Устройство выпрямительных вольтметров. Градуировка шкал выпрямительных приборов.

#### **2.2 Термоэлектрические приборы**

Устройство термоэлектрических приборов. Разновидности термоэлектрических преобразователей. Применение термоэлектрических приборов. Достоинства и недостатки термоэлектрических приборов.

## Раздел 3 Электронные вольтметры

### 3.1 Аналоговые электронные вольтметры постоянного и переменного напряжения

Измерение постоянных напряжений аналоговыми электронными вольтметрами. Измерение переменных напряжений аналоговыми электронными вольтметрами. Аналоговые вольтметры прямого преобразования. Селективные вольтметры.

#### *Лабораторная работа № 1*

Изучение и подготовка к работе аналоговых электронных вольтметров.

#### *Лабораторная работа № 2*

Измерение постоянных и переменных напряжений вольтметрами различных типов.

### 3.2 Импульсные вольтметры

Область применения импульсных вольтметров. Импульсные вольтметры с использованием интегратора. Устройство импульсных цифровых вольтметров.

### 3.3 Цифровые вольтметры

Измерение напряжения цифровыми вольтметрами. Цифровые вольтметры, реализующие время - импульсный и кодо - импульсный методы преобразования.

#### *Лабораторная работа № 3*

Измерение постоянных и переменных напряжений цифровыми вольтметрами.

## Раздел 4 Измерение мощности

### 4.1 Измерение мощности в цепях постоянного тока и тока промышленной частоты

Классификация приборов для измерения мощности. Измерение мощности в цепях постоянного и переменного тока промышленной частоты.

#### *Лабораторная работа № 4*

Измерение мощности электрического тока.

## Раздел 5 Измерительные генераторы

### 5.1 Классификация генераторов. Назначение

Назначение измерительных генераторов. Виды измерительных генераторов.

## **5.2 Генераторы сигналов низкочастотные**

Структурная схема генератора низкочастотных сигналов. Задающие генераторы и стабилизация их частоты. Генераторы низкочастотных сигналов на биениях.

*Лабораторная работа № 5*

Работа с генератором низкой частоты.

## **5.3 Генераторы сигналов высокочастотные**

Структурная схема измерительного генератора высокочастотных сигналов. Назначение основных узлов генератора. Получение амплитудной модуляции в генераторах высокочастотных сигналов.

*Лабораторная работа № 6*

Изучение и подготовка к работе измерительных генераторов различных типов.

*Лабораторная работа № 7*

Работа с генератором высокой частоты.

## **5.4 Генераторы импульсов и шумовых сигналов**

Структурная схема импульсного измерительного генератора. Режимы работы импульсного генератора. Формирование временных и амплитудных параметров импульсов.

Источники шума. Структурная схема генератора шума. Преобразователи спектра шумового сигнала.

*Лабораторная работа № 8*

Работа с генератором импульсов.

## **Раздел 6 Электронные осциллографы**

### **6.1 Устройство и принцип действия универсального электронного осциллографа**

Назначение, классификация, основные параметры осциллографов. Структурная схема универсального электронного осциллографа. Электронно-лучевая трубка, канал вертикального отклонения, канал горизонтального отклонения. Виды разверток. Канал управления яркостью луча. Цифровые осциллографы.

*Лабораторная работа № 9*

Изучение и подготовка к работе универсального электронного осциллографа.

*Лабораторная работа № 10*

Определение чувствительности осциллографа, получение фигур Лиссажу.

## **6.2 Техника измерений электронным осциллографом**

Измерение амплитудных значений напряжения, измерение временных параметров сигнала. Осциллографирование импульсных сигналов. Основные влияющие факторы на правильное воспроизведение импульсного сигнала.

### *Лабораторная работа № 11*

Измерение электронным осциллографом параметров синусоидального сигнала.

### *Лабораторная работа № 12*

Измерение электронным осциллографом параметров импульсного сигнала.

## **6.3 Двухканальные осциллографы. Понятие о двухлучевом и осциллографе**

Назначение двухканальных и двухлучевых осциллографов. Структурная схема двухканального осциллографа. Особенности построения двухлучевых осциллографов. Назначение двухканальных и двухлучевых осциллографов. Структурная схема двухканального осциллографа. Особенности построения двухлучевых осциллографов.

### *Лабораторная работа № 13*

Исследование электрических сигналов двухканальным осциллографом.

## **Раздел 7 Исследование амплитудно-частотных характеристик**

### **7.1 Исследование амплитудно-частотных характеристик**

Структурная схема измерителей АЧХ. Назначение основных узлов измерителей АЧХ. Применение измерителей амплитудно-частотных характеристик.

### *Лабораторная работа № 14*

Изучение и подготовка к работе измерителя амплитудно-частотных характеристик. Снятие амплитудно-частотной характеристики четырёхполосника.

## **Раздел 8 Анализаторы спектра и измерители нелинейных искажений**

### **8.1 Анализаторы спектра**

Классификация приборов для анализа спектра. Анализаторы спектра параллельного и последовательного действия. Цифровые анализатора спектра. Основные параметры анализатора спектра.

### **8.2 Измерители нелинейных искажений**

Нелинейные искажения. Структурная схема измерителя нелинейных искажений. Функции основных узлов измерителя нелинейных искажений.

### *Лабораторная работа № 15*

Изучение и подготовка к работе измерителя нелинейных искажений.  
Работа с измерителем нелинейных искажений.

## **Раздел 9 Измерение параметров модулированных сигналов**

### **9.1 Измерение параметров модулированных сигналов**

Измеряемые параметры модуляции. Структурная схема, принцип действия модулометра. Осциллографические методы измерения коэффициента амплитудной модуляции. Измерение девиации частоты.

### *Лабораторная работа № 16*

Измерение параметров амплитудно-модулированного сигнала с помощью электронного осциллографа.

## **Раздел 10 Измерение частоты и интервалов времени**

### **10.1 Измерение частоты**

Классификация приборов измерения частоты и интервалов времени. Структурная схема цифрового частотомера в режиме измерения частоты. Погрешность измерения частоты.

### **10.2 Измерение интервалов времени**

Структурная схема цифрового частотомера в режиме измерения интервалов времени. Погрешность измерения интервалов времени.

### *Лабораторная работа № 17*

Измерение частоты и интервалов времени электронно-счётным частотомером.

## **Раздел 11 Измерение фазового сдвига**

### **11.1 Измерение фазового сдвига**

Классификация приборов для измерения фазовых сдвигов электрических сигналов. Измерение фазового сдвига методом суммы и разности напряжений. Метод преобразования фазового сдвига в интервал времени. Цифровые фазометры.

### *Лабораторная работа №18*

Измерение фазового сдвига электрических сигналов.

## **Раздел 12 Измерение параметров цепей с сосредоточенными постоянными**

### **12.1 Мостовой метод измерения параметров**

Классификация приборов для измерения параметров цепей с сосредоточенными постоянными. Магнитоэлектрические омметры. Мостовая изме-

рительная цепь. Измерительные мосты постоянного и переменного токов. Резонансные измерители параметров двухполюсников.

*Лабораторная работа № 19*

Работа с измерительными мостами.

**12.2 Цифровой метод измерения параметров**

Принцип построения цифровых приборов для измерения параметров цепей с сосредоточенными постоянными. Структурная схема измерителя иммитанса. Измеряемые параметры. Функции основных узлов измерителя иммитанса.

*Лабораторная работа № 20*

Измерение параметров двухполюсников измерителем иммитанса.

**Раздел 13 Измерение в цепях СВЧ**

**13.1 Особенности измерительных генераторов СВЧ-диапазона**

Генераторы сверхвысоких частот. Задающие генераторы генератора сверхвысоких частот. Модуляция сигналов в генераторах сверхвысоких частот.

**13.2 Измерение мощности на СВЧ**

Измерение поглощаемой мощности на сверхвысоких частотах. Измерение проходящей мощности.

**Раздел 14 Измерение параметров полупроводниковых приборов и интегральных схем**

**14.1 Измерение параметров полупроводниковых приборов**

Измерение  $h$ - параметров биполярных транзисторов. Структурная схема измерителя, схемы подключения транзистора к измерительной цепи. Измерение обратных токов биполярного транзистора. Измерение параметров полевых транзисторов.

*Лабораторная работа № 21*

Измерение параметров полупроводниковых приборов

**14.2 Измерение параметров интегральных схем**

Технические показатели интегральных цепей: быстродействие, потребляемая мощность, помехоустойчивость, нагрузочная способность и их измерение. Контроль статических и динамических параметров логических интегральных схем.

## Раздел 15 Автоматизация измерений

### 15.1 Основные направления автоматизации

Автономные непрограммируемые приборы и гибкие измерительные системы. Информационно-управляющие системы и информационно – вычислительные комплексы.

### 15.2 Понятие об автоматизированных измерительных системах

Компьютерно-измерительные системы и их разновидности. Структурная схема компьютерно-измерительной системы. Виртуальные измерительные приборы.



## 5 МЕТОДИЧЕСКОЕ УКАЗАНИЕ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ ДОМАШНЕЙ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ

Программой дисциплины и учебным планом предусмотрено выполнение домашней контрольной работы.

При выполнении домашней контрольной работы, кроме учебной литературы, необходимо использовать технические описания, схемы и инструкции по эксплуатации современных промышленных электрорадиоизмерительных приборов, нормативные документы Республики Беларусь в области метрологии.

Решение задач, работу отдельных участков схемы, примеры и объяснения следует пояснять графиками, осциллограммами, эпюрами напряжений и т.д. Структурные, функциональные или принципиальные схемы должны быть выполнены в соответствии с требованиями ЕСКД.

При решении задачи старайтесь придерживаться следующей последовательности:

1) Проанализируйте задачу. Нельзя приступать к решению задачи не уяснив четко, в чем заключается задание, т. е. не установив, каковы данные и искомые или посылки и заключения.

2) Составьте план решения задачи. Правильно составленный план решения задачи почти гарантирует правильное ее решение.

3) Реализация плана решения задачи. При реализации плана решающий задачу рассматривает все детали, которые вписываются в этот контур.

4) Анализ и проверка правильности решения задачи. Задачу можно считать решенной, если найденное решение: безошибочно, обоснованно, имеет исчерпывающий характер.

Во всех случаях, когда в задании указывается конкретный тип прибора, учащийся может изучить другой прибор из этой же классификационной группы, желательно более новой модификации; следует лишь при этом указывать конкретно, с использованием документации какого прибора составлен ответ.

Вариант контрольной работы определяется по двум последним цифрам шифра. Например, учащийся, имеющий шифр 2020, выполняет вариант 20, 1002 - вариант 02 и т.д.

При выполнении контрольной работы необходимо соблюдать следующие требования:

1) Домашнюю контрольную работу выполнять строго в соответствии с вариантом учащегося. В противном случае она не зачитывается и возвращается для переделки в соответствии с данными требованиями.

2) Домашняя контрольная работа должна содержать титульный лист, содержание, основную часть и список использованных источников.

3) На титульном листе домашней контрольной работы указать наименование учебной дисциплины, фамилию, имя, отчество, номер учебной группы, шифр учащегося, номер варианта. Пример оформления титульного листа

домашней контрольной работы представлен в Стандарте организации «ОБЩИЕ ТРЕБОВАНИЯ К ТЕКСТОВЫМ ДОКУМЕНТАМСТО ТУПК 001-2017», приложение Д. (В скобках на примере указан размер шрифта.) Титульный лист наклеивается на обложку, либо выполняется в виде обложки.

4) Каждый ответ на вопрос начинать с новой страницы. В ходе выполнения домашней контрольной работы обязательно указывать номер использованного источника.

5) В конце контрольной работы указывается список использованных источников.

Требования к оформлению текстовой части домашней контрольной работы изложены в Стандарте организации «ОБЩИЕ ТРЕБОВАНИЯ К ТЕКСТОВЫМ ДОКУМЕНТАМСТО ТУПК 001-2017».

Выполненную домашнюю контрольную работу необходимо своевременно (согласно учебному графику) предоставить в колледж.

## 6 ЗАДАНИЕ К КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЕ

### Контрольные вопросы

1 Проклассифицируйте виды измерений и средств измерений, опишите их краткую характеристику.

2 Опишите погрешности измерений и методы их уменьшения.

3 Опишите погрешности измерительных приборов и способы их выражения.

4 Приведите организационную структуру метрологической службы Республики Беларусь и опишите основные задачи, выполняемые структурными подразделениями.

5 Опишите эталоны единиц электрических величин. Их классификация, назначение. Порядок хранения и применения эталонов

6 Проклассифицируйте виды поверок средств измерений, опишите их краткую характеристику.

7 Опишите порядок представления средств измерений на поверку, взаимодействие сторон, результаты поверки.

8 Опишите конструкцию, объясните принцип работы магнитоэлектрического измерительного механизма. Приведите уравнение шкалы магнитоэлектрического измерительного механизма.

9 Опишите конструкцию, объясните принцип работы электромагнитного измерительного механизма. Приведите уравнение шкалы электромагнитного измерительного механизма.

10 Опишите конструкцию, объясните принцип работы электродинамического измерительного механизма. Приведите уравнение шкалы электродинамического измерительного механизма.

11 Опишите конструкцию, объясните принцип работы электростатического измерительного механизма. Приведите уравнение шкалы электростатического измерительного механизма.

12 Опишите принцип построения выпрямительных амперметров, построенных по одно и двухполупериодным схемам выпрямления, приведите уравнение шкалы. Как осуществляется оцифровка шкалы приборов, если стрелки амперметров показывают действующее значение силы токов?

13 Объясните варианты построения термоэлектрических амперметров, опишите принцип работы. Приведите уравнение шкалы термоэлектрических амперметров.

14 Опишите принцип построения магнитоэлектрических амперметров и метод расширения пределов их измерения.

15 Опишите принцип построения магнитоэлектрических вольтметров и метод расширения пределов их измерения.

16 Изучите электронный вольтметр (например вида В3). Приведите структурную схему и кратко поясните принцип работы.

17 Начертите схему измерения мощности электродинамическим ватт-метром и косвенного измерения мощности с помощью вольтметра и амперметра. Опишите порядок измерения мощности в цепях постоянного тока этими методами.

18 Какие методы аналого-цифрового преобразования используются в цифровых вольтметрах? Изучите по техническому описанию цифровой вольтметр, приведите упрощенную структурную схему, кратко поясните принцип работы.

19 Кратко опишите схему комбинированного электромеханического прибора подгруппы Ц...., имеющего магнитоэлектрический механизм.

20 Выберите прибор (например, с использованием мостового метода измерения) для измерения  $R$ ,  $L$ ,  $C$ . Приведите структурную электрическую схему; кратко опишите принцип работы.

21 Изучите цифровой измеритель сопротивлений. Приведите структурную электрическую схему, кратко поясните принцип работы.

22 Изучите цифровой измеритель  $L$  и  $C$  (например вида Е7). Приведите структурную схему и кратко поясните принцип работы.

23 Изучите промышленный калометрический измеритель мощности (например вида МЗ или др.); приведите структурную схему; кратко поясните принцип работы.

24 Изучите измеритель поглощаемой мощности СВЧ-диапазона (например вида МЗ). Приведите структурную схему, кратко поясните принцип работы. Чем определяется точность измерения мощности?

25 Генератор шума (Г2-...). Приведите структурную электрическую схему прибора, укажите регулировочные элементы, выведенные на переднюю панель. Поясните принцип работы схемы, а также чем обеспечивается широкий диапазон частот и требуемый уровень мощности выходного сигнала.

26 Генератор сигналов низкочастотный (ГЗ-...). Начертите структурную электрическую схему генератора, поясните принцип работы, укажите над соответствующими блоками регулировочные элементы, выведенные на переднюю панель. Чем обеспечивается стабильность и точность установки частоты выходного сигнала?

27 Генератор сигналов высоких частот (Г4- ...). Начертите структурную электрическую схему генератора, поясните принцип работы, укажите над соответствующими блоками регулировочные элементы, выведенные на переднюю панель. Чем обеспечивается стабильность и точность установки частоты выходного сигнала?

28 Генераторы сигналов ультравысоких частот (Г4- ...). Начертите структурную электрическую схему генератора, поясните принцип работы, укажите над соответствующими блоками регулировочные элементы, выведенные на переднюю панель. Чем обеспечивается стабильность и точность установки частоты выходного сигнала?

29 Генераторы сигналов сверхвысоких частот (Г4- ...). Начертите структурную электрическую схему генератора, поясните принцип работы, ука-

жите над соответствующими блоками регулировочные элементы, выведенные на переднюю панель. Чем обеспечивается стабильность и точность установки частоты выходного сигнала?

30 Генератор импульсных сигналов (Г5- ...). Начертите электрическую структурную генератора, поясните принцип работы, укажите над соответствующими блоками регулировочные элементы, выведенные на переднюю панель.

31 Приведите электрическую структурную электронного осциллографа. Опишите основные технические характеристики осциллографа. Опишите назначение основных узлов канала Y и поясните принцип его работы.

32 Приведите электрическую структурную электронного осциллографа. Опишите основные технические характеристики осциллографа. Опишите назначение основных узлов канала X и поясните принцип его работы. Нарисуйте сигнал, вырабатываемый каналом X осциллографа.

33 Приведите электрическую структурную электронного осциллографа. Опишите основные технические характеристики осциллографа. Опишите назначение основных узлов канала Z и поясните принцип его работы. Нарисуйте сигнал, вырабатываемый каналом Z осциллографа.

34 Приведите электрическую структурную электронного осциллографа. Опишите основные технические характеристики осциллографа. Опишите назначение калибратора.

35 Приведите электрическую структурную канала вертикального отклонения луча с линией задержки. Поясните назначение линии задержки в канале Y. Нарисуйте сигналы на выходе канала Y осциллографа с линией задержки и без неё.

36 Приведите электрическую структурную осциллографа. Опишите назначение блока синхронизации, покажите связи с другими блоками. Поясните, как технические характеристики и работа блока синхронизации влияют на качество осциллограммы исследуемого напряжения.

37 Приведите электрическую структурную цифрового осциллографа, кратко поясните принцип его работы. Опишите его основные технические характеристики.

38 Приведите электрическую структурную цифрового запоминающего осциллографа, кратко поясните принцип его работы. Опишите его основные технические характеристики.

39 Приведите схему двухканального электронного осциллографа. Опишите принцип его работы. Приведите регулировочные элементы, выведенные на переднюю панель.

40 Начертите упрощенную электрическую структурную цифрового частотомера в режиме измерения частоты. Приведите эпюры, поясняющие дискретный метод измерения частоты. От чего зависит погрешность измерения частоты электрических сигналов?

41 Начертите упрощенную электрическую структурную цифрового частотомера в режиме измерения интервалов времени. Приведите эпю-

ры, поясняющие дискретный метод измерения интервалов времени. От чего зависит погрешность измерения интервалов времени?

42 Нарисуйте осциллограмму амплитудно-модулированного сигнала. Начертите схему электрическую структурную модулометра, поясните принцип работы. Поясните, чем определяется точность измерения.

43 Приведите схему измерения коэффициента амплитудной модуляции (КАМ) осциллографическими методами. Поясните методику измерения КАМ двухканальным осциллографом. Приведите осциллограммы сигналов и обозначьте на них измеряемые параметры, необходимые для расчёта КАМ.

44 Приведите схему электрическую структурную измерителя коэффициента нелинейных искажений. Предложите другой метод измерения коэффициента нелинейных искажений.

45 Приведите структурную схему анализатора спектра последовательного действия, опишите принцип работы. Укажите на схеме регулировочные элементы, выведенные на переднюю панель.

46 Приведите структурную схему цифровой анализаторы спектра, опишите принцип его работы.

47 Приведите схему измерения разности фаз электрических сигналов осциллографическими методами. Поясните методику измерения разности фаз с помощью двухканального осциллографа. Приведите осциллограммы сигналов и обозначьте на них измеряемые параметры, необходимые для расчёта разности фаз.

48 Приведите структурную схему цифрового фазометра, опишите принцип его работы.

49 Приведите схему электрическую структурную измерителя параметров полупроводниковых приборов, кратко поясните принцип работы. По каким параметрам можно проверить транзисторы с помощью этого прибора, как сделать вывод с годности транзистора?

50 Приведите электрические параметры микросхем. Приведите структурную схему измерения или опишите методы измерения параметров.

51 Как классифицируются компьютерно - измерительные системы (КИС), каково их назначение. Приведите обобщенную структурную схему КИС и опишите её.

52 Измерительно-вычислительный комплекс (ИКВ). Приведите схему, опишите его назначение, охарактеризуйте его применение. Приведите особенности ИВК по сравнению с КИС.

53 Измерительные приборы с встроенными микропроцессорами. Изучите по техническому описанию один из приборов. Приведите схему электрическую структурную, поясните принцип работы, особенности эксплуатации.

54 Виртуальные приборы. Опишите состав приборов, принцип сбора, обработки вывода результатов измерений на экран.

## Практические задания (Задачи)

1 Шкала миллиамперметра магнитоэлектрической системы с сопротивлением 2 Ом разбита на 150 делений, цена деления(C) 0,2 мА/дел. Определить:

- а) сопротивление шунта миллиамперметра, если этим прибором необходимо измерить ток 15 А;
- б) величину сопротивления добавочного резистора, если необходимо измерить напряжение 150 В.

2 Амперметр со шкалой на 5А и сопротивлением 0,6 Ом зашунтирован для измерения тока большой величины. При измерении тока 90А стрелка прибора остановилась против деления 3,6А. Определить сопротивление шунта и предел измерений зашунтированного амперметра.

3 Определить цену деления магнитоэлектрического прибора со шкалой, имеющей 150 делений, используемого при изготовлении вольтметра на 300В, если при измерении напряжения 250 В вольтметр будет потреблять 25 мВт. Рассчитать добавочное сопротивление, если сопротивление рамки прибора 1500 Ом.

4 Определить сопротивление шунта к миллиамперметру, рассчитанном на 0,5 А, со шкалой делений  $N = 100$ , если требуется измерить ток 25 А. Каков ток в цепи, если стрелка амперметра с этим шунтом отклонилась на 60 делений? Сопротивление миллиамперметра 0,2 Ом.

5 Рассчитать величину измеряемой мощности в цепи постоянного тока косвенным методом и наибольшую абсолютную погрешность измерения мощности:

- вольтметр: предел шкалы 15В; класс точности 1,0; показание 10В;
- амперметр: предел шкалы 0,3А; класс точности 0,5; показание 0,15 А.

6 Рассчитать сопротивление  $R_1$ ,  $R_2$ ,  $R_3$  многопредельного универсального шунта для измерения токов с пределами 30 ( $I_1$ ); 3,0 ( $I_2$ ); 0,3( $I_3$ ) измерителем с током полного отклонения  $I_{\text{ПО}} = 150$  мкА и внутренним сопротивлением  $R_{\text{ВТ}} = 1500$  Ом (Рисунок 1).

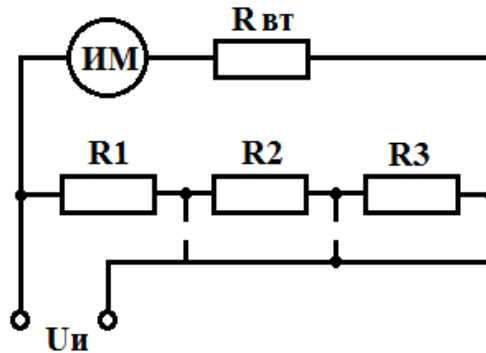


Рисунок 1

7 Для измерения напряжения на резисторе  $R_2 = 1 \text{ кОм}$  включен вольтметр класса точности  $K_{\text{п}} = 1,5$  с конечным значением шкалы  $1 \text{ В}$  и  $R_{\text{вх}} = 5 \text{ кОм}$ ; показания вольтметра  $U_{\alpha} = 0,74 \text{ В}$ , напряжение источника  $U = 10 \text{ В}$ , сопротивление  $R_2 = 9 \text{ кОм}$ . Определить действительное значение измеряемой величины напряжения; погрешности, обусловленные методом измерения и классом точности прибора (Рисунок 2).

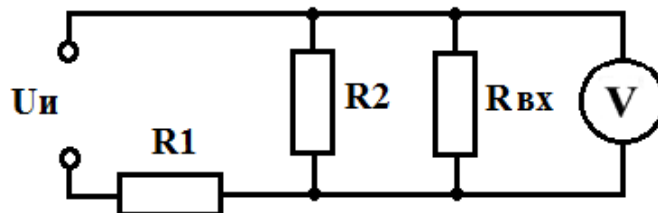


Рисунок 2

8 При измерении постоянного напряжения на пределе  $10 \text{ В}$  цифровой вольтметр показал  $5,72 \text{ В}$ . Определить относительную и абсолютную погрешность измерения этого напряжения.

9 Необходимо измерить ток  $I = 4 \text{ мА}$ . Для этого имеются два миллиамперметра: одни — класса точности  $1,0$  с пределом измерения  $20 \text{ мА}$  и второй — класса точности  $2,5$  с пределом измерения  $5 \text{ мА}$ . Определить, у какого прибора меньше предел допускаемой основной относительной погрешности и какой прибор обеспечит более высокую точность заданного измерения.

10 При проверке после ремонта вольтметра класса  $1,5$  с конечным значением шкалы  $5 \text{ В}$  в точках шкалы  $1, 2, 3, 4, 5 \text{ В}$  получены соответственно следующие показания образцового прибора:  $0,95; 2,07; 3,045; 4,075; 4,95 \text{ В}$ . Определить, сохранился ли класс точности прибора.

11 ЭДС источника постоянного тока с сопротивлением  $R_{\text{ист}} = 25 \text{ Ом}$  измеряется вольтметром класса точности  $K_{\text{п}} = 0,5$ . Шкала прибора имеет  $150$  равномерных делений. Ток полного отклонения указателя  $3 \text{ мА}$ . Результат измерения по шкале с конечным значением  $1,5 \text{ В}$  составляет  $97,5$  делений, что



соответствует  $0,975 \text{ В}$ . Отсчет выполнен с точностью до половины деления шкалы или  $0,005 \text{ В}$ . Определить действительное значение измеряемой величины э. д. с. и методическую погрешность измерения из-за влияния вольтметра на измеряемую цепь.

12 Имеется в наличии вольтметр  $V$  и амперметр  $A$ . Начертите схему включения приборов для косвенного измерения  $R$ . Рассчитайте абсолютную и относительную погрешность измерения  $R$  из следующих исходных данных:

- показания вольтметра  $10 \text{ В}$  на шкале  $15 \text{ В}$ ; класс точности  $1,0$ ;
- показание амперметра  $0,1 \text{ А}$  на шкале  $0,15 \text{ А}$ ; класс точности  $1,5$ .

13 Определить чувствительность магнитоэлектрического прибора со шкалой, имеющей  $150$  делений, используемого при изготовлении вольтметра на  $300 \text{ В}$ . если при измерении напряжения  $250 \text{ В}$  вольтметр будет потреблять  $25 \text{ мВт}$ . Рассчитать добавочное сопротивление, если сопротивление рамки прибора  $1500 \text{ Ом}$ .

14 Амперметр на  $5 \text{ А}$  со шкалой от  $0$  до  $200 \text{ А}$ , предназначенный для включения с трансформатором тока  $200/5$ , включен через трансформатор тока  $500/5$ . Против какого деления установится стрелка при номинальном токе трансформатора? Определить наибольшую относительную погрешность измерения на вторичной стороне, если класс точности прибора и трансформатора  $0,5$ .

15 Элемент, у которого  $E = 1,5 \text{ В}$ , а внутреннее сопротивление  $r = 0,2 \text{ Ом}$ , замкнут на внешнее сопротивление  $R_1 = 14,8 \text{ Ом}$ . Определить, чему будет равна относительная погрешность при расчете тока в цепи, если внутренним сопротивлением элемента пренебречь. Как изменится относительная погрешность, если при прочих равных условиях внешнее сопротивление вместо  $14,8$  станет равным  $0,3 \text{ Ом}$ ?

16 Какова относительная погрешность измерения э.д.с. генератора при измерении ее вольтметром с сопротивлением  $10 \text{ кОм}$ ? Внутреннее сопротивление генератора  $r = 0,2 \text{ Ом}$ .

17 Определить чувствительность по напряжению  $S_u$  магнитоэлектрического прибора на  $3 \text{ мА}$  с внутренним сопротивлением  $10 \text{ Ом}$  и шкалой на  $150$  делений. Каким сопротивлением должен обладать прибор, чтобы при той же чувствительности по току  $S_I$  чувствительность по напряжению  $S_u$  составила  $2 \text{ дел/мВ}$ ?

18 Вольтметр переменного тока с амплитудным детектором показал  $12 \text{ В}$ . Измеряемое напряжение имеет синусоидальную форму. Определить амплитудное, среднеквадратическое и средневывпрямленное значение напряжения.

19 На входы вольтметров переменного тока с амплитудным детектором, преобразователями средневыпрямленного и среднеквадратического значений подается напряжение прямоугольной формы со скажностью  $Q = 2$ ,  $U_0 = 0$ ,  $U_m = 10$  В (Рисунок 3). Определить, что покажет каждый вольтметр ( $U_\alpha$ ).

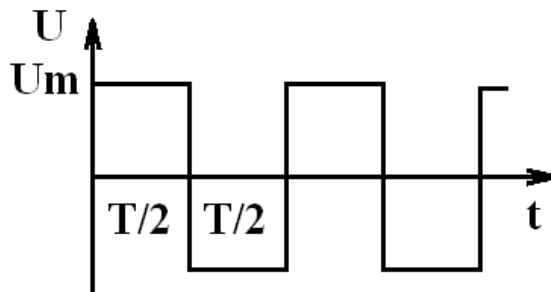


Рисунок 3

20 Напряжение измеряется двумя вольтметрами. Один имеет предел измерения 20 В и класс точности 2,0; другой – соответственно 100 В и класс точности 1,0. Показание какого вольтметра точнее, если первый вольтметр показал 18 В, а второй – 18,5 В?

21 Несинусоидальный ток с  $I_{max} = 7$  мА и коэффициентом формы  $\pi / 2$  измеряется выпрямительным миллиамперметром с однополупериодной схемой выпрямления. Шкала прибора градуирована в действующих значениях синусоидального тока. Определить: а) показание прибора; б) действительное значение измеряемого тока с учетом поправки, определяемой формой кривой измеряемого тока.

22 Сигналы, изменяющиеся по закону:

$$U_1 = U_{m1} \sin(\omega t + \varphi_1) \text{ и}$$

$$U_2 = U_{m2} \sin(\omega t + \varphi_2)$$

поданы на Y и X пластины ЭЛТ осциллографа и получено изображение вида (Рисунок 3). Определите значение угла сдвига фаз по осциллограмме.

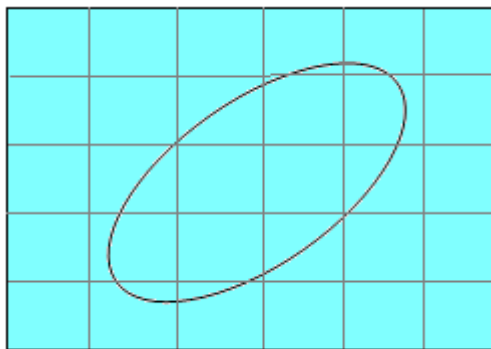


Рисунок 3

23 Сигналы, изменяющиеся по закону:

$$U_1 = U_{m1} \sin(\omega t + \varphi_1) \text{ и}$$

$$U_2 = U_{m2} \sin(\omega t + \varphi_2)$$

поданы на входы I и II двухканального осциллографа и получено изображение вида (Рисунок 4). Определите значение угла сдвига фаз по осциллограмме.

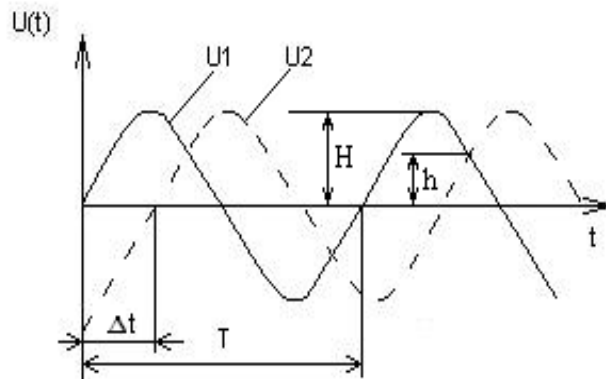


Рисунок 4

24 На экране ЭЛТ осциллографа получены изображения следующего вида (Рисунок 5). Напряжение образцовой частоты  $f_c = 10$  кГц подведено к Y-пластинам ЭЛТ, напряжение измеряемой частоты  $f_x$  — пластинам X. Определите частоту и поясните принцип измерения.

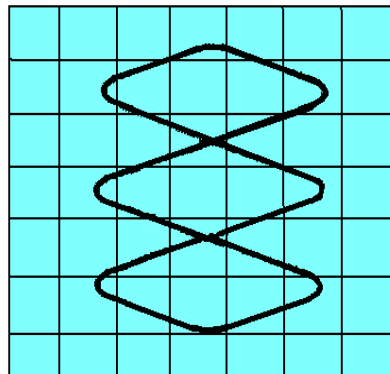


Рисунок 5

## 7 ТАБЛИЦА ВАРИАНТОВ

Вариант	Контрольные вопросы	Номер задачи	Вариант	Контрольные вопросы	Номер задачи
1	1, 4, 16, 28, 51	1	51	1, 16, 28, 31, 51	1
2	2, 17, 29, 32, 52	2	52	2, 17, 29, 32, 52	2
3	3, 11,18, 30, 53	3	53	3, 18, 22, 30, 53	3
4	4, 19, 31,44 54	4	54	4, 19, 23, 31, 54	4
5	5, 20, 32, 43, 50	5	55	5, 20, 32, 43, 48	5
6	6, 21, 33, 43 49	6	56	6, 21, 33, 44, 49	6
7	7, 13 22, 34, 47	7	57	7, 22, 34, 45, 50	7
8	1, 8, 23, 35, 48	8	58	8, 23, 35, 46, 51	8
9	2, 9, 24, 36, 49	9	59	1, 9, 24, 36, 49	9
10	3, 10, 25, 37, 50	10	60	2, 10, 25, 37, 50	10
11	4, 11, 26, 38, 51	11	61	3, 11, 26, 38, 51	11
12	5, 12, 27, 39, 52	12	62	4, 12, 27, 39, 52	12
13	6, 13, 16, 40, 53	13	63	5, 13, 16, 40, 53	13
14	7, 14, 17, 41, 54	14	64	6, 14, 17, 41, 54	14
15	8, 15, 18, 42, 51	15	65	7, 15, 18, 42, 51	15
16	1, 9, 19, 43, 52	16	66	1, 8, 19, 43, 52	16
17	2, 10, 20, 44, 53	17	67	2, 9, 20, 44, 53	17
18	3, 11, 21, 45, 54	18	68	3, 10, 21, 45, 54	18
19	4, 12, 22, 33, 46	19	69	4, 11, 22, 30, 46	19
20	5, 13, 23, 34,47	20	70	5, 12, 23,31, 47	20
21	6, 14, 24,35, 48	21	71	6, 13, 24, 32, 48	21
22	7, 15, 25,36, 49	22	72	7, 14, 25,33, 49	22
23	8, 16, 26,37, 50	23	73	8, 15, 26, 34, 50	23
24	9, 17, 27, 38,51	24	74	9, 16, 27, 35, 51	24
25	10, 22, 34, 39,52	1	75	1, 10, 17, 34, 52	1
26	11, 23,35 40, 53	2	76	2, 11, 18, 35, 53	2
27	12, 18, 25,41,49	3	77	3, 12, 19, 36, 54	3
28	1, 12,17, 29, 45	4	78	4, 13, 20, 37, 55	4
29	2, 14, 20, 28, 54	5	79	5, 14, 21, 38, 45	5
30	3, 15, 21, 29, 51	6	80	6, 15, 22, 39, 46	6
31	1, 12 22, 30, 52	7	81	1, 7, 23, 40, 47	7
32	2, 13, 23, 31, 53	8	82	2, 8, 24, 41, 48	8
33	3, 14, 24, 32, 54	9	83	3, 11, 24, 42, 54	9
34	4, 12, 15 25, 33	10	84	4, 12, 25, 33, 41	10
35	5, 13, 16 26, 34	11	85	5, 13, 26, 34, 41	11
36	6, 14, 18 27, 35	12	86	6, 14, 27, 35, 43	12
37	7, 16, 22, 36, 45	13	87	7, 16, 21, 36, 44	13
38	8, 17, 23, 37, 46	14	88	8, 17, 22, 37, 45	14
39	9, 18, 24, 38, 47	15	89	9, 18, 23, 38, 46	15
40	10, 19, 25, 39, 48	16	90	10, 19, 24, 39, 47	16
41	3,11, 20, 40, 54	17	91	11, 20, 25, 40, 48	17
42	4, 12, 21, 41, 49	18	92	12, 21, 27, 41, 49	18
43	5, 13, 22, 42, 51	19	93	13, 22, 28, 42, 50	19
44	6, 14, 23, 43, 52	20	94	14, 23, 29, 43, 51	20
45	7, 15, 24, 44, 50	21	95	15, 24, 30, 44, 52	21
46	1, 8, 25, 45, 51	22	96	1, 25, 31, 45, 53	22
47	2, 11, 26, 46, 52	23	97	2, 26, 32, 46, 54	23
48	3, 10, 27, 47, 53	24	98	3, 27, 34, 47, 47	24
49	4, 11 16, 48, 54	1	99	4, 16, 35, 48, 48	1
50	5,12, 17, 49, 50	2	00	5, 17, 25, 36, 49	2

# СОДЕРЖАНИЕ

Введение

1 Общие методические указания по изучению учебной дисциплины

2 Перечень рекомендуемой литературы

3 Тематический план учебной дисциплины

4 Содержание

5 Методические указания по выполнению домашней контрольной работы

6 Задания к контрольной работе

7 Таблица вариантов