

**Северский технологический институт –**

филиал федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования  
«Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»

**(СТИ НИЯУ МИФИ)**

**Кафедра «Электрооборудования и автоматизации технологических процессов»**

ОДОБРЕНО  
Ученым советом СТИ НИЯУ МИФИ  
протокол № 5 от 28.06.2023

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ  
СИЛОВЫЕ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛИ В ЭЛЕКТРОПРИВОДЕ**

НАПРАВЛЕНИЕ ПОДГОТОВКИ

**13.03.02 Электроэнергетика и электротехника**

НАИМЕНОВАНИЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

**Электроснабжение**

Форма обучения: очная

| Семестр | Трудоемкость, ЗЕ | Общий объем курса, час. | Лекции, час. | Практические занятия, час. | Лабораторные работы, час. | В форме практической подготовки / в интерактивной форме, час. | СРС, час. | Форма(ы) контроля (Э, З, ДифЗ, КР, КП) |
|---------|------------------|-------------------------|--------------|----------------------------|---------------------------|---|-----------|--|
| 6       | 3                | 108                     | 16           | 16                         | 16                        | 18  | 60        | Экз.                                   |
| Итого   | 3                | 108                     | 16           | 16                         | 16                        | 18  | 60        |  |

## **Аннотация**

Рабочая программа дисциплины «Силовые преобразователи в электроприводе» составлена в соответствии с требованиями образовательного стандарта НИЯУ МИФИ и рабочим учебным планом по направлению подготовки (специальности) 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника», образовательной программы «Электроснабжение».

В результате освоения дисциплины, у выпускника должны быть сформированы следующие результаты обучения (РО):

### **1) знать:**

3.1 принцип действия наиболее распространенных преобразователей электрической энергии: неуправляемых и управляемых выпрямителей при различных видах нагрузки, ведомых сетью и автономных инверторов; регулируемых преобразователей постоянного и переменного напряжения для электроприводов и электротехнологических установок;

3.2 особенности электромагнитных процессов и энергетические характеристики основных типов силовых преобразователей электрической энергии, степень их влияния на качество напряжения в системе электроснабжения;

3.3 методики расчета и выбора силовых полупроводниковых приборов, трансформаторов и других элементов основных типов преобразователей электрической энергии;

### **2) уметь:**

У.1 планировать и проводить необходимые экспериментальные исследования, связанные с определением параметров, характеристик и режимов работы электронных силовых преобразователей, интерпретировать данные и делать выводы.

У.2 анализировать электрические и тепловые процессы, происходящие в силовых преобразователях и в системах электроснабжения на их основе.

У.3 выполнять расчеты параметров и характеристик рабочих процессов в электронных силовых преобразователях.

### **3) владеть или быть в состоянии продемонстрировать:**

В.1 опытом работы со специализированной справочной литературой и нормативно-техническими материалами;

В.2 опытом выбора и расчета рабочих режимов силовых полупроводниковых приборов.

## **1 Цели и задачи освоения учебной дисциплины**

Целями освоения дисциплины «Силовые преобразователи в электроприводе» являются:

формирование у студентов прочной теоретической базы по анализу, применению, расчету силовых преобразователей электроприводов; изучения влияния силовых преобразователей на режимы работы электродвигателей; усвоение практических методов расчета и анализа режимов работы энергосистемы с силовыми преобразователями.

Основными задачами дисциплины являются:

- овладеть методиками расчета силовых преобразователей;
- дать информацию о влиянии силовых преобразователей на режимы работы электротехнического оборудования;
- овладеть основами выбора наиболее эффективных схем силовых преобразователей;

• познакомить с методами анализа режимов работы энергосистемы с силовыми преобразователями.

## 2 Место учебной дисциплины в структуре ООП ВО

Дисциплина «Силовые преобразователи в электроприводе» (Б1.В.ДВ.3.2) -  
Общепрофессиональный модуль образовательной программы.

## 3 Формируемые компетенции и планируемые результаты обучения

Универсальные и общепрофессиональные компетенции:

| Код и наименование компетенции   | Код и наименование индикатора достижения компетенции   |
|--|--|
| ОПК-4 Способен использовать методы анализа и моделирования электрических цепей и электрических машин | <b>З-ОПК-4</b> Знать: методику расчетов режимов работы электрических цепей и электрических машин; методы анализа и моделирования линейных и нелинейных цепей постоянного и переменного тока<br><b>У-ОПК-4</b> Уметь: контролировать и анализировать режимы работы электрооборудования с учетом заданных параметров и характеристик<br><b>В-ОПК-4</b> Владеть: способами регулирования заданных параметров режимов работы; навыками анализа и моделирования |

## 4 Воспитательный потенциал учебной дисциплины

Воспитательный потенциал дисциплины «Силовые преобразователи в электроприводе» отражен в Рабочей программе воспитания в Северском технологическом институте – филиале федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ» (<http://www.ssti.ru/education.html>/Информация по образовательным программам).

## 5 Структура и содержание учебной дисциплины

### 5.1 Основные разделы дисциплины, трудоемкость и виды учебной работы

Настоящая рабочая программа составлена для формы обучения «очная» по направлению 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника», образовательной программе «Электроснабжение».

Общая трудоемкость дисциплины составляет в **зачетных единицах – 3, 108 час.**, обучение по дисциплине проходит в **семестре 6**.

Дисциплина (модуль) содержит **разделы:**

– **раздел 1** – «Силовые преобразователи в электроприводе. Классификация, основные параметры и режимы работы»

– **раздел 2** – «Силовые полупроводниковые приборы»

– **раздел 3** – «Силовые преобразователи для питания электропривода»

Трудоемкость, формы и график контроля по разделам дисциплины представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Трудоемкость, формы и график контроля отдельных разделов дисциплины

| №                            | Наименование раздела  | Виды учебной деятельности, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость, час |                |               |                | Аттестационные мероприятия     |                                | Макс. балл за раздел |
|------------------------------|---|---|----------------|---------------|----------------|--------------------------------|--------------------------------|----------------------|
|                              |   | Лекции  | Практ. занятия | Лабор. работы | Самост. работа | Текущий контроль (нед/форма)   | Аттестация раздела (нед/форма) |                      |
| <b>6 семестр (16 недель)</b> |   |   |                |               |                |                                |                                |                      |
| 1                            | Силовые преобразователи в электроприводе. Классификация, основные параметры и режимы работы | 4   | 4              |               | 4              |                                | 3/КИ1                          | 5                    |
| 2                            | Силовые полупроводниковые приборы   | 4   | 4              |               | 4              |                                | 7/КИ2                          | 5                    |
| 3                            | Силовые преобразователи для питания электропривода  | 8   | 8              | 16            | 16             | 10/ЛР1, 16/ЛР2, 11/Зд1, 15/Зд2 | 16/КР1, 16/Т1                  | 50                   |
|                              | Экзамен   |   |                |               | 36             |                                |                                | 40                   |
| <b>Итого за 6 семестр:</b>   |   | 16  | 16             | 16            | 60             |                                |                                | 100                  |

В таблице 2 представлено соответствие содержания каждого раздела и результатов обучения, что позволяет оценить их вклад в достижение целей курса.

Таблица 2 – Соответствие содержания требуемым результатам обучения

| Код и наименование индикатора достижения компетенции  | Номера разделов | Аттестационные мероприятия                              |
|---|-----------------|---|
| – Знать: методику расчетов режимов работы электрических цепей и электрических машин; методы анализа и моделирования линейных и нелинейных цепей постоянного и переменного тока ( <b>З-ОПК-4</b> ) | 1, 2, 3         | КИ1, КИ2, ЛР1, ЛР2, Зд1, Зд2, КР1, Т1, Экзамен (6 сем.) |
| – Уметь: контролировать и анализировать режимы работы электрооборудования с учетом заданных параметров и характеристик ( <b>У-ОПК-4</b> )   | 1, 2, 3         | КИ1, КИ2, ЛР1, ЛР2, Зд1, Зд2, КР1, Т1, Экзамен (6 сем.) |
| – Владеть: способами регулирования заданных параметров режимов работы; навыками анализа и моделирования ( <b>В-ОПК-4</b> )  | 1, 2, 3         | КИ1, КИ2, ЛР1, ЛР2, Зд1, Зд2, КР1, Т1, Экзамен (6 сем.) |

## 5.2 Содержание лекционного курса дисциплины

Содержание лекционного курса дисциплины представлено в таблице 4.

Таблица 3 – Содержание и трудоемкость лекционного курса по разделам в целом по дисциплине

| Содержание разделов / тематика разделов   | Трудоемкость разделов/тем, ауд. час |
|---|-------------------------------------|
| <b>Раздел 1 Силовые преобразователи в электроприводе. Классификация, основные параметры и режимы работы</b>   |                                     |
| <b>1.1 Силовые преобразователи в электроприводе. Вводные понятия. .</b>   | 2                                   |
| <b>1.2 Классификация, основные параметры и режимы работы силовых преобразователей.</b>  | 2                                   |
| <i>Итого по разделу 1:</i>  | 4                                   |
| <b>Раздел 2 Силовые полупроводниковые приборы</b>   |                                     |
| <b>2.1 Элементы силовой электроники для управления электродвигателями.</b>  | 2                                   |
| <b>2.2 Силовые полупроводниковые приборы: свойства, основные параметры и схемы замещения .</b>  | 2                                   |
| <i>Итого по разделу 2:</i>  | 4                                   |
| <b>Раздел 3 Силовые преобразователи для питания электропривода</b>  |                                     |
| <b>3.1 Управляемые преобразователи для регулируемых электроприводов постоянного тока.</b> Силовая часть управляемых преобразователей и ее реализация, назначение функциональных элементов, увеличение мощности преобразователей. Нереверсивный управляемый преобразователь, регулирование выпрямленным напряжением, внешние характеристики, режимы тока, режимы работы электрической машины и преобразователя, тормозные режимы и возврат энергии. Реверсивный управляемый преобразователь, внешние характеристики, режимы тока, режимы работы электрической машины и преобразователя, тормозные режимы и возврат энергии, регулировочные характеристики, организация процесса реверсирования. Преобразователи с ШИМ для электроприводов постоянного тока.  | 4                                   |
| <b>3.2 Управляемые преобразователи для регулируемых электроприводов переменного тока.</b> Преобразователи частоты с непосредственной связью, принцип реализации, назначение, область применения и достижимые показатели, возможность реверсирования и возврата энергии в сеть. Преобразователи частоты со звеном постоянного тока, принцип реализации, назначение, область применения и достижимые показатели, возможность реверсирования и возврата энергии в сеть. С автономным инвертором напряжения. С автономным инвертором тока. Синхронная система управления ШИМ. Векторная система управления ШИМ. Инверторы, ведомые сетью, принцип реализации, назначение, область применения и достижимые показатели, пример применения и характеристики привода. Регуляторы напряжения для электроприводов переменного тока. | 4                                   |
| <i>Итого по разделу 3:</i>  | 8                                   |
| <b>Всего по теоретическому разделу дисциплины:</b>  | <b>16</b>                           |

### 5.3 Содержание лабораторного практикума

В таблице 4 представлено содержание и трудоемкость лабораторного практикума дисциплины.

Таблица 4 – Содержание и трудоемкость лабораторного практикума дисциплины

| Перечень лабораторных работ по разделам и их содержание  | Трудоемкость разделов/тем, ауд. час |
|--|-------------------------------------|
| <b>Раздел 3 Силовые преобразователи для питания электропривода</b>   |                                     |
| <b>3.1 Моделирование и исследование системы "Тиристорный преобразователь – двигатель постоянного тока (ТП-ДПТ)".</b>   | 10                                  |
| <b>3.2 Моделирование и исследование работы системы «Преобразователя частоты – асинхронный двигатель с КЗ ротором».</b> | 6                                   |
| <i>Итого по разделу 3:</i>   | <i>16</i>                           |
| <b>Всего по лабораторному практикуму дисциплины:</b>   | <b>16</b>                           |

#### 5.4 Тематика практических / семинарских занятий

Тематика практических / семинарских занятий и их трудоемкость представлена в таблице 5.

Таблица 5 – Тематика и трудоемкость практических / семинарских занятий

| Перечень практических / семинарских занятий по разделам и их содержание                                     | Трудоемкость разделов/тем, ауд. час |
|---|-------------------------------------|
| <b>Раздел 1 Силовые преобразователи в электроприводе. Классификация, основные параметры и режимы работы</b> |                                     |
| <b>1.1 Анализ режимов работы силовых преобразователей.</b>  | 2                                   |
| <b>1.2 Расчет параметров электрических процессов в силовых преобразователях.</b>                            | 2                                   |
| <i>Итого по разделу 1:</i>  | <i>4</i>                            |
| <b>Раздел 2 Силовые полупроводниковые приборы</b>   |                                     |
| <b>2.1 Анализ схем замещения силовых полупроводниковых приборов. Расчет их параметров .</b>                 | 2                                   |
| <b>2.2 Расчет потерь и тепловой расчет силовых полупроводниковых приборов .</b>                             | 2                                   |
| <i>Итого по разделу 2:</i>  | <i>4</i>                            |
| <b>Раздел 3 Силовые преобразователи для питания электропривода</b>  |                                     |
| <b>3.1 Расчет и выбор управляемого выпрямителя ДПТ.</b>   | 4                                   |
| <b>3.2 Расчет и выбор частотного преобразователя асинхронного электродвигателя.</b>                         | 4                                   |
| <i>Итого по разделу 3:</i>  | <i>8</i>                            |
| <b>Всего по практическим / семинарским занятиям дисциплины:</b>   | <b>16</b>                           |

#### 5.5 Курсовое проектирование

Курсовая работа/проект в соответствии с рабочим учебным планом не предусмотрены.

## 6 Образовательные технологии

При проведении лекций используются следующие образовательные технологии: IT-методы.

При проведении лабораторных работ используются следующие образовательные технологии: Работа в команде.

При проведении практических занятий используются следующие образовательные технологии: Методы проблемного обучения, Обучение на основе опыта.

Для организации самостоятельной работы используются следующие образовательные технологии: Опережающая самостоятельная работа, Поисковый метод.

Общее число часов занятий, проводимых в интерактивной форме – 18 час.

## 7 Аннотация фонда оценочных средств

Фонд оценочных средств по дисциплине обеспечивает проверку освоения планируемых результатов обучения (компетенций и их индикаторов) посредством мероприятий текущего, рубежного и промежуточного контроля по дисциплине.

Связь между формируемыми компетенциями и формами контроля их освоения:

| Компетенция | Индикаторы освоения | Аттестационные мероприятия                              |
|-------------|---------------------|---|
| ОПК-4       | З-ОПК-4             | КИ1, КИ2, ЛР1, ЛР2, Зд1, Зд2, КР1, Т1, Экзамен (6 сем.) |
| ОПК-4       | У-ОПК-4             | КИ1, КИ2, ЛР1, ЛР2, Зд1, Зд2, КР1, Т1, Экзамен (6 сем.) |
| ОПК-4       | В-ОПК-4             | КИ1, КИ2, ЛР1, ЛР2, Зд1, Зд2, КР1, Т1, Экзамен (6 сем.) |

**Шкалы оценки образовательных достижений.** Шкала каждого контрольного мероприятия лежит в пределах от 0 до установленного максимального балла включительно. Итоговая аттестация по дисциплине оценивается по 100-балльной шкале и представляет собой сумму баллов, заработанных студентом при выполнении заданий в рамках текущего (**60 баллов**) и промежуточного контроля (**40 баллов**). Для допуска к промежуточному контролю по дисциплине студенту в течение календарного модуля необходимо набрать не менее 60% баллов при условии сдачи **всех** дисциплинарных разделов. Раздел считается сданным, если выполнены все виды контроля и набрано по ним не менее 60 % баллов от максимального по разделу.

В соответствии с учебным планом промежуточная аттестация в конце семестра осуществляется в форме Экзамена.

### Аттестация в 6 семестре:

| Вид контроля              | Наименование видов контроля | Максимальная положительная оценка в баллах | Минимальная положительная оценка в баллах |
|---------------------------|-----------------------------|--|---|
| <b>Текущая аттестация</b> |                             |  |   |
| КИ1                       | Контроль по итогам          | 5  | 3   |
| КИ2                       | Контроль по итогам          | 5  | 3   |
| ЛР1                       | Лабораторная работа         | 10   | 6   |
| ЛР2                       | Лабораторная работа         | 5  | 3   |
| Зд1                       | Задание (задача)            | 5  | 3   |
| Зд2                       | Задание (задача)            | 5  | 3   |
| КР1                       | Контрольная работа          | 15   | 9   |

|                                 |              |            |           |
|---------------------------------|--------------|------------|-----------|
| T1                              | Тестирование | 10         | 6         |
| <b>Сумма:</b>                   |              | <b>60</b>  | <b>36</b> |
| <b>Промежуточная аттестация</b> |              |            |           |
| Экзамен                         |              | <b>40</b>  | <b>24</b> |
| <b>Итого:</b>                   |              | <b>100</b> | <b>60</b> |

Итоговая оценка выставляется в соответствии со следующей шкалой:

|                             |                |               |       |                            |       |                             |         |
|-----------------------------|----------------|---------------|-------|----------------------------|-------|-----------------------------|---------|
| Сумма баллов по дисциплине  | 100–90         | 89–85         | 84–75 | 74–70                      | 69–65 | 64–60                       | ниже 60 |
| Оценка (ECTS)               | A              | B             | C     | D                          |       | E                           | F       |
| Оценка по 4-х бальной шкале | отлично (отл.) | хорошо (хор.) |       | удовлетворительно (удовл.) |       | неудовлетворительно (неуд.) |         |
| Зачет                       | Зачтено        |               |       |                            |       | Не зачтено                  |         |

Оценка *«отлично»* выставляется студенту, если он глубоко и прочно усвоил программный материал, исчерпывающе, последовательно, четко и логически стройно его излагает, умеет тесно увязывать теорию с практикой, использует в ответе материал монографической литературы.

Оценка *«хорошо»* выставляется студенту, если он твёрдо знает материал, грамотно и по существу излагает его, не допуская существенных неточностей в ответе на вопрос.

Оценка *«удовлетворительно»* выставляется студенту, если он имеет знания только основного материала, но не усвоил его деталей, допускает неточности, недостаточно правильные формулировки, нарушения логической последовательности в изложении программного материала.

Оценка *«неудовлетворительно»* выставляется студенту, который не знает значительной части программного материала, допускает существенные ошибки. Как правило, оценка «неудовлетворительно» ставится студентам, которые не могут продолжить обучение без дополнительных занятий по соответствующей дисциплине.

#### **Вопросы для Экзамена (6 семестр):**

- 1 Классификация, назначение и области применения силовых преобразователей в системах регулирования электропривода.
- 2 Линейные и импульсные силовые преобразователи: принцип построения, режимы работы, достоинства и недостатки.
- 3 Классификация и области применения силовых полупроводниковых приборов.
- 4 Принцип работы, основные параметры, схема замещения и вольт-амперная характеристика полупроводникового выпрямительного диода.
- 5 Принцип работы, основные параметры, схема замещения и вольт-амперная характеристика тиристора.
- 6 Принцип расчета потерь в силовых вентилях. Статические и динамические потери.
- 7 Способы охлаждения полупроводниковых приборов. Расчет температурного режима работы.
- 8 Условия отпирания и запираания тиристора. Понятие о естественной и искусственной коммутации. Диаграмма управления тиристора.
- 9 Способы формирования управляющего сигнала тиристора: из напряжения силовой цепи, из анодного напряжения, из дополнительного источника.
- 10 Естественная и искусственная коммутация тиристора.
- 11 Способы фазового регулирования углом управления тиристора.
- 12 Основные принципы построения и режимы работы тиристорных усилителей.
- 13 Системы регулирования электропривода с ДПТ. Однофазный мостовой управляемый выпрямитель.

- 14 Системы регулирования электропривода с ДПТ. Трехфазный мостовой управляемый выпрямитель.
- 15 Регуляторы постоянного напряжения с широтно-импульсным регулированием.
- 16 Тиристорные регуляторы переменного напряжения. Устройство плавного пуска асинхронного двигателя на базе тириستоров.
- 17 Полупроводниковые компенсаторы реактивной мощности. Принципы построения статических компенсаторов реактивной мощности.
- 18 Преобразователи частоты в электроприводах переменного тока. Непосредственные преобразователи частоты. Матричные преобразователи частоты.
- 19 Преобразователи частоты с промежуточной цепью постоянного тока.
- 20 Преобразователь частоты с автономным инвертором тока на основе однооперационных тиристорных: принципиальная схема, принцип работы, достоинства и недостатки.
- 21 Преобразователь частоты с автономным инвертором тока на полностью управляемых ключах: принципиальная схема, принцип работы, достоинства и недостатки.
- 22 Преобразователь частоты с автономным инвертором напряжения: схема и принцип работы. Способы регулирования величины выходного напряжения.
- 23 Динамические характеристики силовых полупроводниковых преобразователей.

## **8 Учебно-методическое и информационное обеспечение учебной дисциплины**

### **8.1 Основная литература**

- Л1.1 Елифанов А. П. Электропривод [Электронный ресурс] / Елифанов А. П., Малайчук Л. М., Гушинский А. Г. - Санкт-Петербург: Лань, 2021 - 400 с.
- Л1.2 Онищенко Г. Б. Силовая электроника. Силовые полупроводниковые преобразователи для электропривода и электроснабжения [Текст]: учебное пособие / Г. Б. Онищенко, О. М. Соснин - Москва: Инфра-М, 2016 - 122 с.
- Л1.3 Поляков А. Е. Электрические машины, электропривод и системы интеллектуального управления электротехническими комплексами: учебное пособие для вузов / А. Е. Поляков, А. В. Чесноков, Е. М. Филимонова - Москва: Инфра-М, 2019 - 224 с.

### **8.2 Дополнительная литература**

- Л2.1 Белоус А. И. Полупроводниковая силовая электроника; Текст / А. И. Белоус, С. А. Ефименко, А. С. Турцевич - Москва: Техносфера, 2013 - 214 с.
- Л2.2 Крылов Ю. А. Энергосбережение и автоматизация производства в теплоэнергетическом хозяйстве города. Частотно-регулируемый электропривод: учебное пособие / Ю. А. Крылов, А. С. Карандаев, В. Н. Медведев - Санкт-Петербург: Издательство Лань, 2020 - 176 с.
- Л2.3 Никитенко Г. В. Электропривод производственных механизмов [Электронный ресурс] / Никитенко Г. В. - Санкт-Петербург: Лань, 2021 - 224 с.
- Л2.4 Фролов Ю. М. Регулируемый асинхронный электропривод [Электронный ресурс] / Фролов Ю. М., Шелякин В. П. - Санкт-Петербург: Лань, 2021 - 464 с.

## 9 Материально-техническое обеспечение учебной дисциплины

Материально-техническое обеспечение дисциплины приведено на сайте СТИ НИЯУ МИФИ <http://www.ssti.ru/objects.html>

## 10 Учебно-методические рекомендации для студентов

Самостоятельная работа студентов – это планируемая учебная и внеаудиторная работа студентов, выполняемая по заданию преподавателя и под его методическим руководством, но без его непосредственного участия.

Целью самостоятельной работы студентов является приобретение новых знаний, систематизация и закрепление полученных теоретических знаний и практических умений студентов.

**Лекции.** Рекомендации по написанию конспекта лекций: кратко, последовательно фиксировать основные положения, выводы, формулировки, обобщения: помечать основные мысли, выделять ключевые слова, термины. Проверка терминов, понятий с помощью энциклопедий, словарей, справочников с выписыванием толкований в тетрадь (тезаурус). Обозначение вопросов, терминов, материала, которые вызывают трудности, поиск ответов в рекомендуемой литературе. Если самостоятельно не удастся разобраться в материале, необходимо сформулировать вопрос и задать преподавателю на следующем занятии или консультации.

**Практические занятия.** Для подготовки к практическому занятию, необходимо повторить теоретический материал по теме с использованием лекций и рекомендуемой литературы.

На занятии желательно иметь конспект лекций (или учебник, учебное пособие), чтобы самостоятельно или с сокурсниками и преподавателем сориентироваться на каждую тему решаемой задачи, поставленной проблемы и пр.

При решении задач:

1) нужно обосновать каждый этап решения, исходя из теоретических положений дисциплины. Если студент видит несколько путей решения, то он должен сравнить их и выбрать из них самый лучший;

2) решения задач и примеров следует излагать подробно, вычисления располагать в строгом порядке, отделяя вспомогательные вычисления от основных;

3) рисунки (графики) можно выполнять от руки, но аккуратно и в соответствии с данными условиями;

4) решение каждой задачи должно доводиться до ответа, требуемого условием, и по возможности в общем виде с выводом формулы. Полученный ответ следует проверять способами, вытекающими из существа данной задачи.

**Лабораторные работы.** Подготовка к лабораторной работе включает в себя работу с конспектом лекций, рекомендуемой литературой, подготовку ответов к контрольным вопросам для допуска к выполнению лабораторной работы, написание отчета.

Лабораторные занятия проводятся в специализированных лабораториях института.

Прежде чем начать занятия в данной лаборатории студент знакомится с правилами техники безопасности, о чем расписывается в журнале. В лабораториях кафедры запрещается находиться в верхней одежде. На рабочем столе должно находиться только необходимое оборудование и приборы для записей и расчетов. Запрещается класть на рабочий стол сумки, пакеты, шапки и другие посторонние предметы. Студент приступает к выполнению лабораторной работы только после ознакомления с описанием работы и подготовки к ней. Запрещается включать какие-либо приборы или без предварительной проверки их преподавателем или лаборантом. После окончания работы студент должен сдать лаборанту выданные принадлежности, привести в порядок рабочее место, получить отметку в журнале о выполнении работы, предъявив для этого полученные результаты преподавателю.

Не начинайте выполнение опыта пока не уясните себе полностью его цель, метод и не составите план проведения опыта. Так как время проведения опыта ограничено учебными часами, отведенными на него, то всю подготовку необходимо провести самостоятельно до занятий.

Для записи результатов измерения в отчете должны быть заранее подготовлены таблицы, включающие как сами измерения, так и их погрешности.

К следующему занятию студент готовит очередную работу и предъявляет отчет о работе, выполненной на предыдущем занятии. Работа считается окончательно сданной после защиты отчета. Студент должен оформить отчет по прилагаемой форме:

- 1) название работы;
- 2) цель работы;
- 3) краткие сведения из теории, схема установки и основные рабочие формулы;
- 4) результаты измерений, представленные в виде таблиц и графиков;
- 5) расчет искомой величины и ее значение;
- 6) расчет ошибки измерения;
- 7) окончательный результат, полученный после округления, с указанием абсолютной и относительной ошибок измерения;
- 8) выводы, заключение о достижении цели, поставленной данной работой, с анализом полученного результата.

**Промежуточная аттестация.** Для подготовки к промежуточной аттестации студенту необходимо проработать конспекты лекционных и практических занятий, подготовить ответы к вопросам, выносимым на промежуточную аттестацию, при необходимости воспользоваться рекомендуемой литературой.

## **11 Учебно-методические рекомендации для преподавателей**

На лекционных, практических, лабораторных занятиях студентам сообщаются новые сведения, систематизируется и обобщается накопленный запас знаний, формируются на этой основе познавательные и профессиональные интересы. Преподаватель, проводя занятия, должен стремиться увлечь студентов, активно воздействовать на их эмоции, вызвать интерес к учебному предмету, стремление постоянно пополнять знания.

Самостоятельная работа студентов по данному курсу

- Проработка лекционного материала
- Подготовка к лабораторным работам
- Подготовка к промежуточному контролю: Экзамен (6 семестр)

В течение 6 семестра осуществляется контроль знаний студентов: см. раздел 5.1.

По результатам аттестационных мероприятий формируется допуск студента к итоговому контролю – Экзамену по дисциплине. Студент на Экзамене должен показать знание программного материала, исчерпывающе, последовательно, четко и логически стройно его излагать, уметь тесно увязывать теорию с практикой, использовать в ответе материал рекомендуемой литературы.

\*\*\*

Автор(ы): Д.Ю. Давыдов