

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:  
ФИО: Карякин Андрей Виссарионович  
Должность: Руководитель НТИ НИЯУ МИФИ  
Дата подписания: 04.07.2023 15:26:24  
Уникальный программный ключ:  
2e905c9a64921ebc9b6e02a1d35ca143f7838874

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»

**Новоуральский технологический институт –**  
филиал федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»

УТВЕРЖДЕНА  
Ученым советом НТИ НИЯУ МИФИ  
Протокол № 4 от 30.08.2021 г.

Рабочая программа учебной дисциплины  
**«ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКОЕ И КОНСТРУКЦИОННОЕ МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ»**

|                                        |                                                  |
|----------------------------------------|--------------------------------------------------|
| Направление подготовки (специальность) | 13.03.02 –<br>Электроэнергетика и электротехника |
| Профиль подготовки (специализация)     | Электропривод и автоматика                       |
| Квалификация (степень) выпускника      | бакалавр                                         |
| Форма обучения                         | Очно - заочная                                   |

Новоуральск 2021

|                             |                      |
|-----------------------------|----------------------|
|                             | Очная форма обучения |
| Семестр                     | 4                    |
| Трудоемкость, ЗЕТ           | 4 ЗЭТ                |
| Трудоемкость, ч.            | 133 ч.               |
| Аудиторные занятия, в т.ч.: | 36 ч.                |
| - лекции                    | 18 ч.                |
| - лабораторные работы       | 8 ч.                 |
| - практические работы       | 10 ч.                |
| Самостоятельная работа      | 72 ч.                |
| Форма итогового контроля    | экзамен              |

Индекс дисциплины в Рабочем учебном плане (РУП) – Б1.О.01.03.13

Рабочую программу составил ст. преподаватель кафедры промышленной электроники  
Литвинчук Ирина Евгеньевна

## **СОДЕРЖАНИЕ**

|                                                                                                                                         |    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 1 Цели освоения учебной дисциплины                                                                                                      | 4  |
| 2 Место учебной дисциплины в структуре образовательной программы                                                                        | 4  |
| 3 Планируемые результаты обучения по учебной дисциплине и их соотношение с планируемыми результатами освоения образовательной программы | 4  |
| 4 Структура и содержание учебной дисциплины                                                                                             | 6  |
| 5 Информационно - образовательные технологии                                                                                            | 12 |
| 6 Оценочные средства для текущего контроля успеваемости и учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов              | 15 |
| 7 Учебно-методическое и информационное обеспечение учебной дисциплины                                                                   | 29 |
| 8 Материально-техническое обеспечение учебной дисциплины                                                                                | 30 |
| Приложение 1. Методические указания для студентов по освоению дисциплины                                                                | 31 |
| Приложение 2. Балльно-рейтинговая система оценки                                                                                        | 32 |

## 1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Целью освоения данной дисциплины является ознакомление с материалами, используемыми в электронной технике, и являющимися ключевым звеном, определяющим успех многих инженерных решений при создании сложнейшей электронной аппаратуры; получение навыка отбора материалов на основании знания их свойств; приобретение умений проводить необходимые эксперименты по выявлению этих свойств; поиск компромиссных решений, исходя из комплекса свойств; формирование знаний о закономерностях поведения материалов в различных условиях эксплуатации; установление взаимосвязи между микроскопическим строением вещества и его макроскопическими свойствами; выявление взаимодействия материалов с электромагнитным полем; ознакомление с особенностями технологии и наиболее важными областями применения материалов в приборах и устройствах электронной техники; развитие навыков создания и понимания алгоритмов решения типовых расчетных задач из различных разделов материалов электронной техники; формирование способностей к систематизации и анализу справочной информации, экспериментально полученных данных; развитие навыков работы со справочной литературой и другими источниками информации.

## 2. МЕСТО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

В соответствии с рабочим учебным планом дисциплина «Электротехническое и конструкционное материаловедение» входит в его обязательную часть в общепрофессиональный модуль.

Изучение дисциплины «Электротехническое и конструкционное материаловедение» базируется на сумме знаний и практических навыков, полученных студентами в ходе изучения таких дисциплин, как «Физика», «Математика», «Химия» в пределах программы ООП по направлению подготовки бакалавриата 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника».

Дисциплина «Электротехническое и конструкционное материаловедение» изучается на втором курсе. Данная дисциплина позволяет сформировать стартовые знания для углубленного изучения специальных дисциплин.

## 3 ФОРМИРУЕМЫЕ КОМПЕТЕНЦИИ И ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ

В результате освоения содержания дисциплины «Электрический привод» студент должен обладать следующими компетенциями

| Код и наименование компетенции                                                                                                                                 | Код и наименование индикатора достижения компетенции                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| ОПК-5<br>Способен использовать свойства конструкционных и электротехнических материалов в расчетах параметров и режимов объектов профессиональной деятельности | З-ОПК-5 Знать: свойства, характеристики и конструктивные особенности узлов электрооборудования<br>У-ОПК-5 Уметь: обосновать и использовать типовые решения при выборе электрооборудования<br>В-ОПК-5 Владеть: навыками расчетов параметров и режимов объектов профессиональной деятельности и методами анализа причин нарушения исправности оборудования |

В результате освоения дисциплины «Электротехническое и конструкционное материаловедение» студент должен:

**Знать:**

основные свойства и характеристики электротехнических и конструкционных материалов;

**Уметь:**

выбирать по справочникам материалы для конкретных конструкций электротехнических устройств;

**Владеть:**

навыками проведения стандартных испытаний электротехнических материалов и методами их расчета для применения в различных электротехнических и электроэнергетических установках.

#### 4 ВОСПИТАТЕЛЬНЫЙ ПОТЕНЦИАЛ ДИСЦИПЛИНЫ

Цели и задачи воспитания, воспитательный потенциал дисциплин:

| Направления/цели воспитания            | Задачи воспитания (код)                                                                              | Воспитательный потенциал дисциплин                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
|----------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Профессиональное и трудовое воспитание | Формирование психологической готовности к профессиональной деятельности по избранной профессии (B15) | Использование воспитательного потенциала дисциплин общепрофессионального модуля для: - формирования устойчивого интереса к профессиональной деятельности, потребности в достижении результата, понимания функциональных обязанностей и задач избранной профессиональной деятельности, чувства профессиональной ответственности через выполнение учебных, в том числе практических заданий, требующих строгого соблюдения правил техники безопасности и инструкций по работе с оборудованием в рамках лабораторного практикума. |

## 5. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

### 5.1. Структура учебной дисциплины.

| №<br>п/п | Название темы/раздела<br>учебной дисциплины                                                     | Виды учебных занятий, и их трудоемкость<br>(в часах) |                      |                      |                         |                        | Текущий контроль (форма*, неделя) | Аттестация раздела (форма*, неделя) | Максимальный балл за раздел** | Индикаторы освоения компетенции |
|----------|-------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------|----------------------|----------------------|-------------------------|------------------------|-----------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------|---------------------------------|
|          |                                                                                                 | Лекции                                               | Практические занятия | Лабораторные занятия | Курсовые работы/проекты | Самостоятельная работа |                                   |                                     |                               |                                 |
| 1.       | <i>Раздел 1.</i><br>Физико-химические основы материаловедения и технологии получения материалов | 2                                                    |                      |                      |                         | 17                     | K1-K4                             |                                     | 8                             | 3-ОПК-5<br>У-ОПК-5<br>В-ОПК-5   |
| 2.       | <i>Раздел 2.</i><br>Свойства твердых тел                                                        | 4                                                    | 2                    | 2                    |                         | 8                      | K5                                |                                     | 8                             |                                 |
| 3.       | <i>Раздел 3.</i><br>Проводниковые материалы                                                     | 2                                                    | 2                    | 4                    |                         | 6                      | ДЗ1                               |                                     | 8,5                           |                                 |
| 4.       | <i>Раздел 4.</i><br>Полупроводниковые материалы                                                 | 3                                                    | 2                    |                      |                         | 6                      | ДЗ2                               |                                     | 4,5                           |                                 |
| 5.       | <i>Раздел 5.</i><br>Диэлектрические материалы                                                   | 3                                                    | 2                    |                      |                         | 9                      | ДЗ3                               |                                     | 4,5                           |                                 |
| 6.       | <i>Раздел 6.</i><br>Магнитные материалы                                                         | 2                                                    | 2                    | 2                    |                         | 9                      | ДЗ4                               |                                     | 6,5                           |                                 |
| 7.       | <i>Раздел 7.</i><br>Конструкционные и инструментальные металлические сплавы                     | 2                                                    |                      |                      |                         | 9                      | K6-K8                             |                                     | 6                             |                                 |
| 8.       | <i>Раздел 5.</i><br>Технологии получения и обработки материалов                                 | -                                                    | -                    | -                    |                         | 8                      | K9-K10                            |                                     | 4                             |                                 |
|          | Итого:                                                                                          | 18                                                   | 10                   | 8                    |                         | 72                     |                                   |                                     | 50                            |                                 |
|          | Экзамен                                                                                         |                                                      |                      |                      | -                       |                        |                                   | ИР                                  | 50                            | 3-ОПК-5<br>У-ОПК-5<br>В-ОПК-5   |
|          | Всего                                                                                           |                                                      |                      |                      | -                       |                        |                                   |                                     | 100                           |                                 |

\* – сокращенное наименование формы контроля

\*\* – сумма максимальных баллов должна быть равна 100 за семестр, включая зачет

Сокращение наименований форм текущего контроля и аттестации разделов:

| Обозначение | Полное наименование        |
|-------------|----------------------------|
| ИР          | Итоговая работа            |
| К           | Конспектирование материала |
| ДЗ          | Домашнее задание           |

## 5.2. Содержание учебной дисциплины.

### Лекции – 20 часов

| № п/п | Тема/раздел учебной дисциплины                                                                  | Содержание                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | Трудоемкость, час. |
|-------|-------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------|
| 1     | 2                                                                                               | 3                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | 4                  |
| 1.    | <i>Раздел 1.</i><br>Физико-химические основы материаловедения и технологии получения материалов | Цели и задачи курса. Основные определения и понятия. Дефекты кристаллической решетки. Типы точечных дефектов и их влияние на свойства сплавов. Линейные дефекты – дислокации. Типы дислокаций. Упрочнение при холодной пластической деформации. Поверхностные (границы зерен) и объемные дефекты. Влияние дислокаций на прочность металлов. | 2                  |
| 2.    | <i>Раздел 2.</i><br>Свойства твердых тел                                                        | Упругое поведение твердых тел. Пластическое поведение твердых тел. Элементы механики разрушения.<br>Классификация твердых тел по электропроводности. Электропроводность в металлах.                                                                                                                                                         | 4                  |
| 3.    | <i>Раздел 3.</i><br>Проводниковые материалы                                                     | Классификация проводниковых материалов. Материалы высокой проводимости. Контактные материалы. Припой и контактолы. Резистивные материалы. Основные свойства, параметры и характеристики.                                                                                                                                                    | 2                  |
| 4.    | <i>Раздел 4.</i><br>Полупроводниковые материалы                                                 | Классификация и основные параметры. Элементарные полупроводники. Полупроводниковые соединения. Основные свойства, параметры и характеристики.                                                                                                                                                                                               | 3                  |
| 5.    | <i>Раздел 5.</i><br>Диэлектрические материалы                                                   | Классификация диэлектриков. Газообразные, жидкие, твердые диэлектрики. Основные свойства, параметры и характеристики.                                                                                                                                                                                                                       | 3                  |
| 6.    | <i>Раздел 6.</i><br>Магнитные материалы                                                         | Классификация магнитных материалов. Магнитомягкие материалы. Магнитотвердые материалы. Основные свойства, параметры и характеристики.                                                                                                                                                                                                       | 2                  |
| 7.    | <i>Раздел 7.</i><br>Конструкционные и инструментальные металлические сплавы                     | Сплавы на основе железа.<br>Сплавы на основе алюминия.<br>Сплавы на основе меди.                                                                                                                                                                                                                                                            | 2                  |

|    |                                                              |                                                                                                                                                                                                                                                                                            |   |
|----|--------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|
| 8. | <i>Раздел 8. Технологии получения и обработки материалов</i> | Способы получения монокристаллов, стального поликристаллического слитка, аморфных структур, нанокристаллических материалов и композитов.<br>Элементы термической обработки металлов и сплавов, технологии обработки металлов давлением. Высокоэнергетические технологии обработки деталей. | - |
|----|--------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|

#### Лабораторные занятия – 8 часов

| №<br>п/п | Тема/раздел учебной дисциплины           | Содержание                                                                                                                                                              | Трудоемкость,<br>час. |
|----------|------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|
| 1        | 2                                        | 3                                                                                                                                                                       | 4                     |
| 1.       | <i>Раздел 2. Свойства твердых тел</i>    | <b>Лабораторная работа 1.</b> Статические испытания металлов на растяжение.                                                                                             | 2                     |
| 2.       | <i>Раздел 3. Проводниковые материалы</i> | <b>Лабораторная работа 2.</b> Исследование характеристик и параметров магнитных материалов магнитопроводов однофазных трансформаторов при синусоидальном намагничивании | 4                     |
| 3.       | <i>Раздел 6. Магнитные материалы</i>     | <b>Лабораторная работа 3.</b> Определение электрической прочности твердых диэлектриков.                                                                                 | 2                     |

#### Практические занятия – 10 часов

| №<br>п/п | Тема/раздел учебной дисциплины               | Содержание                                                                                                              | Трудоемкость,<br>час. |
|----------|----------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|
| 1        | 2                                            | 3                                                                                                                       | 4                     |
| 1.       | <i>Раздел 2. Свойства твердых тел</i>        | <b>Практическая работа 1.</b> Методы определения механических свойств материалов. Тест 1                                | 1                     |
| 2.       |                                              | <b>Практическая работа 2.</b> Электропроводность в полупроводниках. Электрические свойства твердых диэлектриков. Тест 2 | 1                     |
| 3.       | <i>Раздел 3. Проводниковые материалы</i>     | <b>Практическая работа 3.</b> Решение задач.                                                                            | 2                     |
| 4.       | <i>Раздел 4. Полупроводниковые материалы</i> | <b>Практическая работа 4.</b> Решение задач                                                                             | 2                     |
| 5.       | <i>Раздел 5. Диэлектрические материалы</i>   | <b>Практическая работа 5.</b> Решение задач                                                                             | 2                     |
| 6.       | <i>Раздел 6. Магнитные материалы</i>         | <b>Практическая работа 6.</b> Решение задач. Тест 3                                                                     | 2                     |

### Самостоятельная работа обучающихся – 72 часа

Самостоятельная работа студента по учебной дисциплине регламентируется «Положением об организации самостоятельной работы студентов в НТИ НИЯУ МИФИ».

| №<br>п/п | Тема/раздел учебной дисциплины                                                               | Вид самостоятельной работы и ее содержание                                                                                                                                                                                           | Трудоемкость,<br>час. |
|----------|----------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|
| 1        | 2                                                                                            | 3                                                                                                                                                                                                                                    | 4                     |
| 1.       | <i>Раздел 1. Физико-химические основы материаловедения и технологии получения материалов</i> | Конспектирование теоретического материала для самостоятельного изучения                                                                                                                                                              | 17                    |
| 2.       |                                                                                              | <b>К1.</b> Современное материаловедение и перспективы создания принципиально новых материалов с заданными свойствами. Основы современных наукоемких технологий получения, обработки и применения материалов.                         | 4                     |
|          |                                                                                              | <b>К2.</b> Кристаллическое строение вещества. Типы кристаллических решеток и их основные характеристики. Анизотропия. Полиморфизм. Механизм и основные этапы кристаллизации.                                                         | 4                     |
|          |                                                                                              | <b>К3.</b> Строение сплавов. Твердые растворы внедрения и замещения. Промежуточные фазы.                                                                                                                                             | 4                     |
|          |                                                                                              | <b>К4.</b> Аллотропические модификации железа. Структурные составляющие сплавов железа с углеродом, их свойства. Критические точки. Структурные превращения в доэвтектоидных сталях. Структурные превращения в заэвтектоидных сталях | 5                     |
| 3.       | <i>Раздел 2. Свойства твердых тел</i>                                                        | Подготовка к лабораторной работе. Оформление отчета.                                                                                                                                                                                 | 3                     |
| 4.       |                                                                                              | Подготовка к практическим занятиям                                                                                                                                                                                                   | 2                     |
| 5.       |                                                                                              | Конспектирование теоретического материала для самостоятельного изучения                                                                                                                                                              | 3                     |
| 6.       |                                                                                              | <b>К5.</b> Электропроводность газов. Природа линейной и шаровой молний                                                                                                                                                               | 3                     |
| 7.       | <i>Раздел 3.</i>                                                                             | <b>ДЗ1.</b> Проводниковые материалы                                                                                                                                                                                                  | 4                     |
| 8.       | Проводниковые материалы                                                                      | Подготовка к практическим занятиям                                                                                                                                                                                                   | 2                     |
| 9.       | <i>Раздел 4.</i>                                                                             | <b>ДЗ2.</b> Полупроводниковые материалы                                                                                                                                                                                              | 4                     |
| 10.      | Полупроводниковые материалы                                                                  | Подготовка к практическим занятиям                                                                                                                                                                                                   | 2                     |
| 11.      | <i>Раздел 5. Диэлектрические материалы</i>                                                   | <b>ДЗ3.</b> Характеристики и свойства диэлектриков                                                                                                                                                                                   | 4                     |
| 12.      |                                                                                              | Подготовка к лабораторной работе. Оформление отчета                                                                                                                                                                                  | 3                     |
| 13.      |                                                                                              | Подготовка к практическим занятиям                                                                                                                                                                                                   | 2                     |

|     |                                                                      |                                                                                                                                                     |   |
|-----|----------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|
| 14. | Раздел 6.<br>Магнитные материалы                                     | Подготовка к лабораторной работе. Оформление отчета                                                                                                 | 3 |
| 15. |                                                                      | Подготовка к практическим занятиям                                                                                                                  | 2 |
| 16. |                                                                      | ДЗ4. Магнитные материалы                                                                                                                            | 4 |
| 17. | Раздел 7.<br>Конструкционные и инструментальные металлические сплавы | Конспектирование теоретического материала для самостоятельного изучения                                                                             | 9 |
| 18. |                                                                      | К6. Сплавы на основе железа.                                                                                                                        | 3 |
| 19. |                                                                      | К7. Сплавы на основе алюминия.                                                                                                                      | 3 |
| 20. |                                                                      | К8. Сплавы на основе меди.                                                                                                                          | 3 |
| 21. | Раздел 5. Технологии получения и обработки материалов                | Конспектирование теоретического материала для самостоятельного изучения                                                                             | 8 |
| 22. |                                                                      | К9. Способы получения монокристаллов, стального поликристаллического слитка, аморфных структур, нанокристаллических материалов и композитов.        | 4 |
| 23. |                                                                      | К10. Элементы термической обработки металлов и сплавов, технологии обработки металлов давлением. Высокоэнергетические технологии обработки деталей. | 4 |

## 6. ИНФОРМАЦИОННО-ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Для достижения планируемых результатов освоения дисциплины «Электротехническое и конструкционное материаловедение» используются следующие образовательные технологии (в соответствии с рекомендациями «Положения об организационных формах и технологиях образовательного процесса в НТИ НИЯУ МИФИ»):

5.1.1 Информационно-развивающие технологии.

5.1.2. Развивающие проблемно-ориентированные технологии.

5.1.3. Личностно ориентированные технологии обучения

Для повышения уровня знаний студентов по курсу «Электротехническое и конструкционное материаловедение» в течение семестра организуются консультации преподавателей (согласно графику консультаций кафедры промышленной электроники на осенний семестр). Во время консультационных занятий:

- проводится объяснение непонятных для студентов разделов теоретического курса;
- разъясняются алгоритмы решения задач индивидуальных домашних заданий;
- принимаются задолженности по тестовым и другим работам;
- проводятся консультации по выполнению рефератов, домашних заданий, лабораторных работ и т.д.

## 7. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ И УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ

### 7.1 Оценочные средства текущего контроля

Для целей текущего и промежуточного контроля успеваемости студентов разработан фонд оценочных средств, который позволяет оценить знания, умения, уровень владения материалом, а также уровень приобретенных компетенций. В фонде оценочных средств представлены комплекты вариантов тестовых заданий, примерные темы рефератов, темы и варианты домашних заданий, экзаменационные вопросы, экзаменационные билеты, экзаменационные задачи

Для оценки достижений студента используется балльно-рейтинговая система (Приложение 2).

## 7.2 Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов

Учебно-методическое обеспечение учебной работы студентов включает:

- наглядные пособия;
- слайды, компьютерные презентации для проведения лекций;
- комплект раздаточных материалов;
- комплект тестовых заданий;
- примерные темы рефератов;
- контрольные вопросы для подготовки к сдаче экзамена;
- комплект задач;
- методические указания к лабораторным работам;
- темы домашних заданий;
- экзаменационные билеты.

**Примеры домашних заданий (частично).**

### Д31. Проводниковые материалы

#### Задание 1

Дать определение проводника, назвать их основные параметры и пояснить их физический смысл. Для заданных в таблице 1 двух различных проводников привести числовые значения этих параметров. Дать краткую характеристику и область их применения.

Таблица 1

| Вариант | Наименование проводниковых материалов |            |
|---------|---------------------------------------|------------|
| 01      | Железо                                | Вольфрам   |
| 02      | Медь                                  | Молибден   |
| 03      | Алюминий                              | Свинец     |
| 04      | Латунь                                | Манганин   |
| 05      | Кадмиевая бронза                      | Константан |

### Д32. Полупроводниковые материалы

#### Задание 1

По данным таблицы 2 необходимо привести классификацию полупроводниковых материалов, определить к какой группе относится полупроводник. Указать какой электропроводностью обладают полупроводники, и от каких факторов она изменяется. Дайте краткую характеристику материала и области применения

Таблица 2

| Вариант | Наименование полупроводниковых материалов | Вариант | Наименование полупроводниковых материалов |
|---------|-------------------------------------------|---------|-------------------------------------------|
| 01      | Мышьяк                                    | 14      | Фосфид галлия                             |
| 02      | Кремний                                   | 15      | Сульфиды                                  |
| 03      | Селен                                     | 16      | Оксиды                                    |
| 04      | Германий                                  | 17      | Монокристаллы                             |
| 05      | Карбид кремния                            | 18      | Карбид кремния                            |

## ДЗЗ Характеристики и свойства диэлектриков

### Задание 1

К образцу прямоугольной формы из диэлектрического материала размерами  $a \times b$ , толщиной  $h$  приложено постоянное напряжение к противоположным граням образца, покрытым слоем металла.

Заданы значения: удельного объёмного сопротивления  $\rho_v$ , удельного поверхностного сопротивления  $\rho_s$ , диэлектрической проницаемости  $\epsilon$ , тангенса угла диэлектрических потерь  $\operatorname{tg} \delta$ .

Требуется определить: ток утечки, мощность диэлектрических потерь, удельные диэлектрические потери, удельные диэлектрические потери при включении образца на переменное напряжение с действующим значением  $U$  при частотах  $f_1, f_2, f_3$ .

Числовые значения заданных величин приведены в таблице.

| Номер варианта | Величина и единицы измерения |       |       |       |            |             |             |                               |                             |                                          |            |
|----------------|------------------------------|-------|-------|-------|------------|-------------|-------------|-------------------------------|-----------------------------|------------------------------------------|------------|
|                | a, мм                        | B, мм | h, мм | U, кВ | $f_1$ , Гц | $f_2$ , кГц | $f_3$ , МГц | $\rho_v \cdot 10^{16}$ , Ом·м | $\rho_s \cdot 10^{16}$ , Ом | $\operatorname{tg} \delta \cdot 10^{-2}$ | $\epsilon$ |
| 1              | 2                            | 3     | 4     | 5     | 6          | 7           | 8           | 9                             | 10                          | 11                                       | 12         |
| 01             | 150                          | 120   | 1,0   | 1,0   | 50         | 1           | 0,1         | 0,5                           | 1,0                         | 1,0                                      | 2,2        |
| 02             | 180                          | 150   | 1,1   | 1,2   | 60         | 2           | 0,2         | 0,7                           | 1,5                         | 1,2                                      | 2,8        |
| 03             | 210                          | 180   | 1,2   | 1,4   | 70         | 3           | 0,3         | 0,9                           | 2,0                         | 1,4                                      | 3,6        |
| 04             | 240                          | 210   | 1,3   | 1,6   | 80         | 4           | 0,4         | 1,1                           | 2,5                         | 1,6                                      | 3,8        |
| 05             | 270                          | 240   | 1,4   | 1,8   | 90         | 5           | 0,5         | 1,3                           | 3,0                         | 1,8                                      | 4,8        |

### Задание 2

Дать полную характеристику диэлектрикам, приведённым в таблице 2, по следующим процессам:

- по виду поляризации. Привести и объяснить зависимости диэлектрической проницаемости  $\epsilon$  от частоты и температуры;
- по виду электропроводимости. Привести зависимость токов, протекающих по диэлектрику от времени приложения напряжения, векторную диаграмму для данных диэлектриков с указанием углов между токами и напряжением;
- по виду диэлектрических потерь;
- по электрической прочности.

Таблица.2

| Вариант | Диэлектрики            | Диэлектрики                  |
|---------|------------------------|------------------------------|
| 01      | Трансформаторное масло | Слюда                        |
| 02      | Полиэтилен             | Полистирол                   |
| 03      | Полихлорвинил          | Кремнийорганическая жидкость |
| 04      | Эпоксидная смола       | Стекло                       |
| 05      | Гетинакс               | Текстолит                    |
| 06      | Миканит коллекторный   | Полиамидная смола            |

### Задание 3

У образца диэлектрика круглого сечения диаметром  $d$  и толщиной  $h$  известна ёмкость  $C_x$  и тангенс диэлектрических потерь  $\operatorname{tg} \delta$ .

Определить величину абсолютной и относительной диэлектрической проницаемости, параметры параллельной и последовательной схем замещения, мощность диэлектрических потерь при напряжении  $U$  и частоте  $f$ , объёмное сопротивление  $\rho_v$  при напряжении  $U$  и токе сквозной проводимости  $I_c$  и электрическую прочность при напряжении пробоя  $U_{пр}$ , напряжение теплового пробоя. Числовые значения подстановочных величин приведены в таблице 3.

Таблица 3

| Значения подстановочных величин |                              |       |                     |      |       |       |       |           |       |                      |
|---------------------------------|------------------------------|-------|---------------------|------|-------|-------|-------|-----------|-------|----------------------|
| Номер варианта                  | Величина и единица измерения |       |                     |      |       |       |       |           |       |                      |
|                                 | H, мм                        | D, мм | C <sub>x</sub> , пФ | tg δ | U, кВ | t, °C | I, мА | σ, Вт/м·к | f, Гц | U <sub>пр</sub> , кВ |
| 01                              | 0,5                          | 40    | 47                  | 0,05 | 2     | 60    | 0,12  | 0,1       | 50    | 10,8                 |
| 02                              | 0,8                          | 45    | 49                  | 0,07 | 3     | 65    | 0,2   | 0,11      | 100   | 12,2                 |
| 03                              | 1,1                          | 50    | 52                  | 0,09 | 4     | 250   | 0,4   | 0,12      | 150   | 13,5                 |
| 04                              | 1,3                          | 55    | 54                  | 0,1  | 5     | 120   | 0,6   | 0,13      | 200   | 14                   |
| 05                              | 1,5                          | 60    | 58                  | 0,12 | 6     | 80    | 0,7   | 0,14      | 250   | 14,7                 |

### ДЗ4. Магнитные материалы

#### Задание 1

Варианты заданий приведены в таблице 3. Для каждого варианта дать краткую характеристику магнитных свойств и описать магнитные характеристики  $[B(H), \mu(H), B(t^\circ), \mu(t^\circ)]$ . Затем дать краткую характеристику вариантного материала. Рассчитать и построить зависимости магнитной проницаемости  $\mu$  от напряжённости  $H$  по таблице 3. Назовите области применения магнитных материалов.

Таблица 3

| Вариант | Наименование магнитного материала | Параметры | Значения H, кА/м; B, Тл |       |       |      |       |      |  |
|---------|-----------------------------------|-----------|-------------------------|-------|-------|------|-------|------|--|
| 01      | Феррит 200НН                      | H         | 0,2                     | 0,45  | 0,6   | 0,85 | 1,35  | 2,1  |  |
|         |                                   | B         | 0,05                    | 0,09  | 0,13  | 0,16 | 0,175 | 0,18 |  |
| 02      | Альсифер                          | H         | 0,01                    | 0,03  | 0,05  | 0,07 | 0,09  | 0,1  |  |
|         |                                   | B         | 1,4                     | 1,7   | 2,0   | 2,3  | 2,6   | 3,0  |  |
| 03      | Пермаллой 50НХС                   | H         | 0,002                   | 0,004 | 0,006 | 0,01 | 0,04  |      |  |
|         |                                   | B         | 0,07                    |       |       |      |       |      |  |
| 04      | Феррит 2000НН                     | H         | 0,2                     | 0,5   | 0,8   | 1,1  | 1,25  | 1,4  |  |
|         |                                   | B         | 0,02                    | 0,04  | 0,08  | 0,1  | 0,3   | 0,5  |  |
| 05      | Электротехническая сталь 3415     | H         | 0,06                    | 0,09  | 0,12  | 0,18 | 0,22  | 0,23 |  |
|         |                                   | B         | 0,16                    | 0,4   | 0,7   | 1,2  | 2,0   | 2,5  |  |
|         |                                   |           | 0,6                     | 0,9   | 1,2   | 1,4  | 1,8   | 2,0  |  |

Таблица 4

| Вариант | Наименование магнитотвёрдого материала | Параметры | Значения H, кА/м; B, Тл |      |      |      |       |       |  |
|---------|----------------------------------------|-----------|-------------------------|------|------|------|-------|-------|--|
| 01      | Мартенситная сталь марки EX            | H         | 0                       | 1    | 2    | 3    | 4     | 5     |  |
|         |                                        | B         | 1,05                    | 1,0  | -0,9 | -0,8 | -0,65 | -0,18 |  |
| 02      | Мартенситная сталь марки EX5K5         | H         | 0                       | 2    | 4    | 6    | 8     |       |  |
|         |                                        | B         | 0,85                    | -0,6 | -0,4 | -0,2 | 0     |       |  |
| 03      | Сплав ЮНД4                             | H         | 0                       | 10   | 20   | 30   | 40    |       |  |
|         |                                        | B         | 0,5                     | -0,4 | -0,3 | -0,2 | 0     |       |  |
| 04      | Сплав ЮНДК18С                          | H         | 0                       | 10   | 20   | 30   | 40    | 44    |  |
|         |                                        | B         | 1,1                     | 0,8  | -0,6 | -0,4 | -0,2  | 0     |  |
| 05      | Сплав ЮНДК31ТЗБА                       | H         | 0                       | 20   | 40   | 60   | 80    | 92    |  |
|         |                                        | B         | 1,15                    | -0,8 | -0,6 | -0,4 | -0,2  | 0     |  |

Подготовка к лабораторной работе и оформление отчета являются важной разновидностью самостоятельной работы студентов. Требования к оформлению отчетов по лабораторным работам представлены в «Методических указаниях к выполнению

Подготовка к экзамену.

Экзамен является средством промежуточного контроля успеваемости студента. Проводится в письменной форме и состоит из двух частей: тестовой и расчётной. Может проводиться по билетам.

**Список вопросов к экзамену по теоретической части  
курса "Электротехническое и конструкционное материаловедение"**

- 1 Классификация и назначение материалов электронной техники
- 2 Основные характеристики материалов электронной техники
- 3 Механические характеристики материалов электронной техники
- 4 Электрические характеристики материалов электронной техники
- 5 Тепловые характеристики материалов электронной техники
- 6 Физико-химические характеристики материалов электронной техники
- 7 Классификация материалов электронной техники по удельной проводимости
- 8 Физическая природа электропроводности металлов
- 9 Температурная зависимость удельного сопротивления металлических проводников
- 10 Контактные явления и термоэлектродвижущая сила
- 11 Проводниковые материалы. Классификация и основные свойства
- 12 Материалы высокой проводимости. Контактные материалы. Материалы для пайки. Конструкционные материалы для изготовления различных токоведущих частей. Примеры. Свойства. Применение
- 13 Материалы высокого электросопротивления. Основные свойства. Применение
- 14 Сверхпроводники. Криопроводники. Основные свойства. Область применения
- 15 Металлы и сплавы различного назначения
- 16 Неметаллические проводящие материалы
- 17 Собственные и примесные полупроводники. Основные и неосновные носители заряда
- 18 Температурная зависимость удельной проводимости полупроводников
- 19 Оптические и фотоэлектрические явления в полупроводниках
- 20 Термоэлектрические явления и эффект Холла в полупроводниках
- 21 Электропроводность полупроводников в сильном электрическом поле
- 22 Полупроводниковые материалы. Общие сведения. Электропроводность полупроводников
- 23 Полупроводниковые химические соединения и материалы на их основе. Германий, кремний, селен, карбид кремния, арсенид галлия. Основные характеристики. Марки. Область применения
- 24 Поляризация диэлектриков. Основные виды поляризации
- 25 Электропроводность газообразных, жидких и твердых диэлектриков
- 26 Диэлектрические потери. Виды диэлектрических потерь. Диэлектрические потери в газах, жидких, твердых диэлектриках
- 27 Пробой диэлектриков. Виды пробоев. Пробой газообразных, жидких, твердых диэлектриков

- 28 Диэлектрические материалы. Классификация. Пассивные диэлектрики. Газообразные диэлектрики. Применение
- 29 Дефекты строения в реальных кристаллах.
- 30 Основы теории фазовых равновесий. Диаграммы состояния.
- 31 Механические свойства твердых тел.
- 32 Электрические свойства твердых тел.
- 33 Магнитные свойства твердых тел.
- 34 Способы получения стали, чугуна.
- 35 Способы получения нанокристаллических материалов.
- 36 Элементы термической обработки металлов и сплавов.
- 37 Лазерная обработка материалов.
- 38 Электронно-лучевые технологии обработки материалов.
- 39 Сплавы на основе железа.
- 40 Сплавы на основе алюминия.
- 41 Сплавы на основе меди.
- 42 Общие сведения о магнетизме. Классификация веществ по магнитным свойствам
- 43 Процессы при намагничивании ферромагнетиков
- 44 Классификация магнитных материалов
- 45 Магнитомягкие материалы для постоянных и низкочастотных магнитных полей. Их свойства и применение
- 46 Магнитомягкие высокочастотные материалы. Их свойства и применение
- 47 Магнитные материалы специализированного назначения. Их свойства и применение

#### ***Примеры практической части***

- 1 Работа со справочной литературой. Изоляционная ленткань. Свойства, марки, применение. Класс нагревостойкости
- 2 Работа со справочной литературой. Битумы, свойства, марки, применение
- 3 Работа со справочной литературой. Картон электроизоляционный, асбестовый. Класс нагревостойкости. Марки, свойства, назначение
- 4 Из никелевой ленты шириной 1 см и толщиной 1 мм необходимо изготовить шунт сопротивлением 0,4 Ом. Какой длины должна быть никелевая лента, если удельное электрическое сопротивление никеля 0,068 мкОм·м?
- 5 В цепь включены последовательно медная и нихромовая проволоки равной длины и диаметра. Найти отношение количеств теплоты, выделяющейся в этих проводниках, и отношение падений напряжения на проводах. Удельное сопротивление меди и нихрома равно соответственно 0,017 и 1 мкОм·м.

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

#### **8.1 Основная литература**

1. Материаловедение. Технология конструкционных материалов: учеб. пособие для студентов вузов, обучающихся по направлению "Электротехника, электромеханика и электротехнологии"/под ред. В.С. Чередниченко. – 6-е изд., стер. – М.: Издательство "Омега-Л", 2010. – 752с.: ил., табл. – (Высшее техническое образование).
2. Пасынков В.В., Сорокин В.С. Материалы электронной техники: Учебник. 5-е изд., стер. – СПб.: Издательство "Лань", 2003. – 368с., ил. – (Учебники для вузов. Специальная литература).

## 8.2 Дополнительная литература

1. Богородицкий Н.П. и др. Электротехнические материалы / Богородицкий Н.П., Пасынков В.В., Тареев Б.М.: Учебник для ВУЗов. – Изд. 7-е, перераб. и доп. – М.: Энергоатомиздат, 1985. – 307 с.
2. Электротехнические и конструкционные материалы: Учеб. пособие для студ. учреждений сред. проф. образования / В.Н. Бородулин, А.С. Воробьев, В.М. Матюнин и др.; Под ред. В.А. Филикова. – М.: Мастерство; Высшая школа, 2000. – 280 с. (средне-профес. образование)
3. Электротехнические материалы. Справочник: В.Б. Березин, Н.С. Прохоров, Г.А. Рыков. – Изд. 3-е доп. и перераб. – М.: Энергоатомиздат, 1983. – 504 с.

## 8.3 Методическое обеспечение

1. Гордеева Н.Н. Методические указания к выполнению домашних работ по курсу «Электротехническое и конструкционное материаловедение». Новоуральск: НТИ НИЯУ "МИФИ", 2015. – 17с.
2. Гордеева Н.Н. Методические указания к выполнению лабораторных работ по курсу «Электротехническое и конструкционное материаловедение» Новоуральск: НТИ НИЯУ "МИФИ", 2015.- 48с.
3. Гордеева Н.Н. Исследование характеристик и параметров магнитных материалов магнитопроводов однофазных трансформаторов при синусоидальном намагничивании. Методические указания к выполнению лабораторных работ по курсу «Электротехническое и конструкционное материаловедение» Новоуральск: НТИ НИЯУ "МИФИ", 2015.- 10с.
4. Гордеева Н.Н. Сборник задач к зачету по курсу “Электротехническое и конструкционное материаловедение” - Новоуральск: НТИ НИЯУ «МИФИ», 2015.- 10 с.
5. Гордеева Н.Н. Пакет тестовых заданий. – Новоуральск, НТИ НИЯУ МИФИ
6. Гордеева Н.Н. Фонд оценочных средств. - Новоуральск, НТИ НИЯУ МИФИ
7. Шушерин В.В. Статические испытания металлов на растяжение. Методические указания к выполнению лабораторных работ по курсам "Соппротивление материалов", "Механика" для студентов специальностей 120100, 340100, 123800 всех форм обучения. Новоуральск: НГТИ, 2003. – 23с.
8. Шушерин В.В. Испытания образцов на ударный изгиб. Методические указания к выполнению лабораторных работ по курсам "Соппротивление материалов", "Механика" для студентов специальностей 120100, 340100, 123800 всех форм обучения. Новоуральск: НГТИ, 2003. – 15с.

## 8.4 Информационное обеспечение (включая перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»)

- 1 <http://nsti.ru>
- 2 научная библиотека e-librari
- 3 ЭБС «Лань»
- 4 ЭБС «IPRbooks»

## 9. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

### 9.1. Лекционные занятия:

- а. комплект электронных презентаций/слайдов («Основные характеристики электротехнических материалов»; «Диэлектрики»; «Жидкие диэлектрики»; «Тонкие металлические пленки»; «Собственная и примесная проводимость полупроводников»; «Активные диэлектрики»; «Пассивные диэлектрики»; «Полупроводниковые материалы»; «Фотопроводимость полупроводниковых материалов»; в/ф: «Пирозлектрики»; «Полупроводники»; «Пьезоэлектрический эффект»; «Сегнетокерамика»; «Силикон – материал XXI века»; «Электреты»; презентации: «Жидкие диэлектрики»; «Химико-термическая обра-

ботка материалов»; «Голография»; «Керамика в прошлом, настоящем и будущем»; «Проводниковые материалы».

б. аудитория, оснащенная презентационной техникой (проектор, экран, компьютер), - 501/503 аудитория (учебно-лабораторный корпус);

с. комплект раздаточного материала к лекциям по курсу «Электротехническое и конструкционное материаловедение», комплект наглядных пособий.

## 9.2 Практические занятия

а. аудитория, оснащенная компьютерной техникой - 503 аудитория (учебно-лабораторный корпус);

б. методические указания для выполнения заданий.

## 9.3. Лабораторные работы:

а. лаборатория 505 («Метрология и электрические измерения»), оснащенная необходимым оборудованием;

б. лаборатория 008 ("Механические испытания материалов», оснащенная разрывной машиной, маятниковым копром, приборами для определения твердости и др)

с. шаблоны отчетов по лабораторным работам;

д. методические указания к лабораторным работам.

## **Приложение 1. Методические указания для студентов по освоению дисциплины**

Изучение дисциплины производится в тематической последовательности. Студенты очной формы обучения работают в соответствии с временным режимом, установленным учебным рабочим планом для данной формы обучения. Информация о временном графике работ сообщается преподавателем, ведущим данную дисциплину. Преподаватель дает указания также по организации самостоятельной работы студентов, срокам сдачи домашних заданий, расчетно-графической работы, рефератов, проведения тестирования.

Дисциплина «Электротехническое и конструкционное материаловедение» относится к циклу профессиональных дисциплин. В связи с этим, приступая к ее изучению, необходимо восстановить в памяти основные сведения из курса общей физики, математики и специальных дисциплин, предшествующих изучению «Электротехническое и конструкционное материаловедение».

Методика и последовательность изучения дисциплины соответствует перечню содержания разделов дисциплины. Материал каждой темы насыщен математическими соотношениями, физическая интерпретация которых зачастую достаточно сложна, поэтому изучение материала требует серьезной, вдумчивой работы.

Изучать дисциплину рекомендуется по темам, предварительно ознакомившись с содержанием каждой из них по программе учебной дисциплины. При первом чтении следует стремиться к получению общего представления об изучаемых вопросах, а также отметить трудные и неясные моменты. При повторном изучении темы необходимо освоить все теоретические положения, математические зависимости и выводы. Рекомендуется вникать в сущность того или иного вопроса, но не пытаться запомнить отдельные факты и явления. Изучение любого вопроса на уровне сущности, а не на уровне отдельных явлений, способствует наиболее глубокому и прочному усвоению материала. Этому же способствует решение практических задач. Для более эффективного запоминания и усвоения изучаемого материала полезно иметь лекционный конспект и заносить в него формулировки законов и основных понятий, новые незнакомые термины и названия, формулы, уравнения, математические зависимости и их выводы. Целесообразно систематизировать изучаемый материал, проводить обобщения разнообразных фактов, сводить их в таблицы. Полезно чаще обращаться к учебной и справочной литературе. До тех пор, пока не усвоен тот или иной раздел, переходить к изучению новых разделов не следует. Особое внимание следует обратить на расчетно-графическую работу, которая позволяет приобрести опыт проектной работы.

Краткий конспект будет полезен при повторении материала в период подготовки к зачету

## Приложение 2. Балльно-рейтинговая система оценки

Балльно-рейтинговая система оценки знаний студента по курсу «Электротехническое и конструкционное материаловедение» введена на основании «Положения о балльно-рейтинговой системе, применяемой для ведения текущего контроля успеваемости студентов НТИ НИЯУ МИФИ», которое, в свою очередь, разработано на основании «Положения о проведении текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации студентов НИЯУ МИФИ», в связи с переходом университета на ФГОС ВО.

Положение соответствует законодательству в области образования, Типовому положению об образовательном учреждении высшего профессионального образования, Уставу НТИ НИЯУ МИФИ.

Балльно-рейтинговая система оценивания предназначена для аттестации обучающихся на соответствие их персональных учебных достижений поэтапным требованиям курса «Электротехническое и конструкционное материаловедение» путем использования оценочных средств контроля полученных знаний, умений и приобретаемых навыков.

Градации интервалов баллов, связанные со шкалой оценок успеваемости, устанавливаются единые по университету.

| Оценка по 5 балльной шкале | зачет      | Сумма баллов по дисциплине | Оценка (ECTS) | Градация                                                                                                                                          |
|----------------------------|------------|----------------------------|---------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 5 (отлично)                | зачтено    | 90-100                     | A             | Отлично – блестящие результаты с незначительными недочетами                                                                                       |
| 4 (хорошо)                 |            | 85-89                      | B             | Очень хорошо – выше среднего уровня, с некоторыми недочетами                                                                                      |
|                            |            | 75-84                      | C             | Хорошо - в целом серьезная работа, но с рядом замечаний                                                                                           |
|                            |            | 70-74                      | D             | Удовлетворительно – неплохо, однако имеются серьезные недочеты                                                                                    |
|                            |            | 65-69                      |               |                                                                                                                                                   |
| 3(удовлетворительно)       |            | 60-64                      | E             | Посредственно – результаты удовлетворяют минимальным требованиям (проходной балл)                                                                 |
| 2 (неудовлетворительно)    | Не зачтено | Ниже 60                    | F             | неудовлетворительно – требуется выполнение значительного объема работы (либо повтор курса в установленном порядке, либо основание для отчисления) |

**Таблица распределения баллов текущего и итогового рейтинга  
по видам деятельности при изучении дисциплины  
«Электротехническое и конструкционное материаловедение»**

| №<br>п/п. | Вид деятельности                                                    | Количество<br>контрольных<br>единиц | Весовой<br>коэффициент<br>значимости | Максимальное количество<br>баллов |
|-----------|---------------------------------------------------------------------|-------------------------------------|--------------------------------------|-----------------------------------|
| 1         | Выполнение лабораторных работ:                                      | 3                                   | 0,5                                  | 1,5                               |
| 2         | Оформление отчёта по лабораторной работе:                           | 3                                   | 0,5                                  | 1,5                               |
| 3         | Защита лабораторной работы:                                         | 3                                   | 1                                    | 3                                 |
| 4         | Конспектирование материала, вынесенного на самостоятельное изучение | 10                                  | 2                                    | 20                                |
| 5         | Выполнение, оформление домашних заданий                             | 4                                   | 2,5                                  | 10                                |
| 6         | Выполнение и оформление заданий на практических занятиях            | 7                                   | 2                                    | 14                                |
|           | ИТОГО к промежуточной аттестации                                    |                                     |                                      | 50                                |
| 7         | Экзамен                                                             | 50                                  | 1                                    | 50                                |
|           | ИТОГО по дисциплине:                                                |                                     |                                      | 100                               |

Дополнения и изменения к рабочей программе:

на 20\_\_\_\_/20\_\_\_\_ уч.год

В рабочую программу вносятся следующие изменения:

---

---

---

---

Рабочая программа пересмотрена и одобрена на заседании кафедры «\_\_»\_\_\_\_\_20\_\_ г.  
Заведующий кафедрой ПЭ

на 20\_\_\_\_/20\_\_\_\_ уч.год

В рабочую программу вносятся следующие изменения:

---

---

---

---

Рабочая программа пересмотрена и одобрена на заседании кафедры «\_\_»\_\_\_\_\_20\_\_ г.  
Заведующий кафедрой ПЭ

на 20\_\_\_\_/20\_\_\_\_ уч.год

В рабочую программу вносятся следующие изменения:

---

---

---

---

Рабочая программа пересмотрена и одобрена на заседании кафедры «\_\_»\_\_\_\_\_20\_\_ г.  
Заведующий кафедрой ПЭ

на 20\_\_\_\_/20\_\_\_\_ уч.год

В рабочую программу вносятся следующие изменения:

---

---

---

---

Рабочая программа пересмотрена и одобрена на заседании кафедры «\_\_»\_\_\_\_\_20\_\_ г.  
Заведующий кафедрой ПЭ

Программа действительна

на 20\_\_\_\_/20\_\_\_\_ уч.год \_\_\_\_\_ (заведующий кафедрой ПЭ)

на 20\_\_\_\_/20\_\_\_\_ уч.год \_\_\_\_\_ (заведующий кафедрой ПЭ)

на 20\_\_\_\_/20\_\_\_\_ уч.год \_\_\_\_\_ (заведующий кафедрой ПЭ)

на 20\_\_\_\_/20\_\_\_\_ уч.год \_\_\_\_\_ (заведующий кафедрой ПЭ)