

**Министерство образования и науки Российской Федерации**  
 Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
 высшего профессионального образования  
**«Владимирский государственный университет**  
**имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»**  
 (ВлГУ)



УТВЕРЖДАЮ  
 Проректор по учебно-методической работе

А.А. Панфилов

« 02 » 10 2015 г.

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Электротехническое материаловедение

Направление подготовки: 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника

Профиль подготовки: Электроснабжение

Уровень высшего образования: бакалавриат

Форма обучения: очная

Семестр	Трудоёмкость, зач. ед./ час.	Лекций, час.	Практич. занятий, час.	Лаб. работ, час.	СРС, час.	Форма промежуточного контроля (экз/зачёт)
третий	3/108	18	18		72	Зачёт
четвёртый	4/144	36	18	-	90	Зачёт
Итого	7/252	54	36	-	162	Зачёт

*Год начала подготовки 2015*

Владимир – 2015

## 1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

**Целями** освоения дисциплины являются: приобретение знаний об электромагнитных свойствах электротехнических материалов в зависимости от их состава и структуры; приобретение знаний о связи между свойствами материалов и техническими параметрами электротехнических устройств, влияющими на их режимы работы.

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП ВО

Дисциплина «Электротехническое материаловедение» относится к базовой части дисциплин учебного плана направления подготовки бакалавров «Электроэнергетика и электротехника» для профиля «Электроснабжение» (блок Б1.Б). Дисциплина логически и содержательно- методически тесно связана с рядом естественно- научных и профессиональных дисциплин.

Математические и естественно- научные дисциплины формируют необходимые для изучения электротехнических материалов способности к обобщению и анализу информации, навыки постановки цели и выбора путей её достижения; готовность использовать компьютер как одно из средств освоения новой дисциплины; способности математического анализа и моделирования явлений электрической поляризации, намагничивания материалов, протекания через них тока проводимости; способность и готовность понимать физическую сущность характеристик и параметров свойств материалов, актуальность их совершенствования.

Из общепрофессиональных дисциплин с «Электротехническим материаловедением» тесно связана дисциплина «Теоретические основы электротехники» (часть 1), в результате освоения которой студенты приобретают необходимые для изучения электрических и магнитных свойств материалов **знания** основных понятий и законов теории электрических и магнитных цепей, **понимание** способов построения схем замещения механизмов поляризации и намагничивания веществ, **овладевают** программными средствами для решения задач теоретической электротехники, которые применяются в анализе схем замещения.

Знания и умения, получаемые в ходе изучения дисциплины «Электротехническое материаловедение» служат базой для последующего изучения таких профессиональных дисциплин, как «Электромеханика» и «Кабельные и воздушные линии».

## 3. КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

В процессе освоения данной дисциплины студент формирует и демонстрирует следующие компетенции:

Знать:

И обладать способностью к коммуникации в устной и письменной формах;  
 И обладать способностью к самоорганизации и самообразованию (ОК-7);  
 Методы определения параметров оборудования объектов профессиональной деятельности (ПК-5) по имеющейся информации о свойствах применяемых в них материалов.

Уметь:

Определять параметры оборудования объектов профессиональной деятельности (ПК-5) по известным параметрам свойств материалов;

Рассчитывать режимы работы объектов профессиональной деятельности (ПК-6) на основе определяемых параметров оборудования по характеристикам свойств материалов.

Владеть:

Методами определения параметров оборудования объектов профессиональной деятельности (ПК-5) по имеющейся информации о свойствах применяемых в них материалов.

#### 4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины составляет 7 зачетных единицы, 252 часа.

№ п/п	Раздел (тема) дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах)						Объем учебной работы с приме- нением интерак- тивных методов (в часах / %)	Формы теку- щего контро- ля успеваемо- сти (по неделям семестра), форма про- межуточной аттестации (по семест- рам)
				Лекции	Практические заня- тия	Лабораторные рабо- ты	Контрольные работы	СРС	КП / КР		
1	Атомно- кристаллическое строение вещества	3	1	1	1	-	-	4		1/50%	
2	Элементы теории сплавов	3	2-3	2	2	-	-	8		1/25%	
3	Электропроводящие свойства твёрдых тел	3	4	1	1	-	-	4		1/50%	
4	Магнитные свойства твёрдых тел	3	5-6	2	2	-	-	8		1/25%	рейтинг- контроль
5	Тепловые свойства твёрдых тел	3	7	1	1	-	-	4		1/50%	
6	Механические свойства твёрдых тел	3	8-9	2	2	-	-	8		1/25%	
7	Диэлектрические	3	10-12	3	3	-	-	12		1/17%	рейтинг-

	свойства вещества										контроль
8	Диэлектрические материалы	3	13-18	6	6	–	–	24		2/17%	рейтинг-контроль
Всего за семестр				18	18		–	72		9/25%	Зачёт
9	Полупроводники	4	1-6	12	6	–	–	30		5/28%	рейтинг-контроль
10	Проводники	4	7-12	12	6	–	–	30		5/28%	рейтинг-контроль
11	Магнитные материалы	4	13-18	12	6	–	–	30		5/28%	рейтинг-контроль
Всего за семестр				36	18	–	–	90		15/28%	Зачёт
Всего				54	36	–	–	162		24/27%	Зачёт

### Содержание лекций по разделам

Раздел 1. Атомно- кристаллическое строение вещества.

Типы химических связей. Аморфные и кристаллические тела. Типы кристаллических решёток. Классификация дефектов кристаллического строения материалов.

Раздел 2. Элементы теории сплавов.

Понятие о сплавах, фазах, металлографическом анализе. Химические соединения в составе сплавов. Твёрдые растворы. Эвтектики. Типовые виды фазовых диаграмм равновесия. Виды термической, химико-термической, термомеханической обработки металлов и сплавов.

Раздел 3. Электропроводящие свойства твёрдых тел.

Параметры электропроводящих свойств вещества. Связь удельной проводимости с концентрацией и подвижностью носителей заряда в веществе. Элементы зонной теории проводимости. Классификация веществ по отношению к электрическому полю.

Раздел 4. Магнитные свойства твёрдых тел.

Понятие о магнетизме. Составляющие магнитного момента атома. Векторы магнитного поля. Намагниченность вещества. Способы математического описания магнитных свойств вещества. Магнитная восприимчивость. Магнитная проницаемость. Классификация веществ по отношению к магнитному полю. Температурные коэффициенты параметров магнитных свойств вещества.

Раздел 5. Тепловые свойства твёрдых тел.

Способы математического описания теплопроводящих свойств вещества. Коэффициент теплопроводности. Общее определение температурного коэффициента любого параметра физических свойств вещества. Нагревостойкость. Холодостойкость. Температуропроводность.

## Раздел 6. Механические свойства твёрдых тел.

Понятие о прочности, твёрдости, упругости, вязкости, хрупкости, пластичности, деформации, механическом напряжении. Некоторые типовые виды диаграмм «напряжение-деформация». Упругие и неупругие виды деформации. Виды разрушений материалов. Виды ползучести. Понятие об усталости и изнашивании. Параметры твёрдости HB, HRA, HRC. Краткий обзор технологических свойств.

## Раздел 7. Диэлектрические свойства вещества.

Электрические дипольные моменты атомов и молекул. Электрическая поляризованность вещества. Вектор электрического смещения. Способы математического описания диэлектрических свойств вещества. Поляризуемость. Диэлектрическая восприимчивость. Абсолютная и относительная диэлектрическая проницаемость. Виды (механизмы) электрической поляризации вещества. Диэлектрические потери. Пробой диэлектриков. Электрическая прочность.

## Раздел 8. Диэлектрические материалы.

Классификация диэлектриков по разным признакам. Твёрдые органические диэлектрики. Твёрдые неорганические диэлектрики. Активные диэлектрики.

## Раздел 9. Полупроводники.

Основные группы полупроводниковых материалов. Элементарные полупроводники (4-я и другие группы периодической системы элементов). Полупроводниковые соединения:  $A^3B^5$ ,  $A^2B^6$ , другие соединения. Органические полупроводники. Собственная и примесная проводимость полупроводников; p-n переходы.

## Раздел 10. Проводники.

Материалы высокой проводимости. Материалы низкой проводимости (резистивные). Проводниковые материалы для электроники. Сплавы для термопар. Проводниковые материалы специального назначения. Неметаллические проводники. Сверхпроводящие материалы.

## Раздел 11. Магнитные материалы.

Классификация магнитных материалов. Ферро-, ферри- и антиферромагнетики. Металлические магнитные материалы. Ферриты. Композиционные магнитные материалы. Магнитомягкие материалы: низкочастотные и высокочастотные. Магнитные материалы специального назначения. Магнитотвёрдые материалы.

### **Тематика практических занятий**

Третий семестр

1) Обсуждение типов химических связей в неорганических и органических веществах. Определение индексов Миллера для узлов и граней кристаллических решёток различных типов (1 час).

2) Обсуждение типовых фазовых диаграмм различных видов двухкомпонентных сплавов (2 часа).

3) Решение задач по применению формул, определяющих удельную проводимость. Оценочные расчёты температурных зависимостей соответствующих параметров (1 час).

4) Решение задач о взаимодействии магнетиков с однородным магнитным полем. Оценочные расчёты режимов работы простейших магнитопроводов по заданным гистерезисным циклам и временным диаграммам одного из векторов магнитного поля (2 часа).

5) Упрощённые расчёты тепловых потоков в однородных твёрдых телах при заданном температурном поле и коэффициенте теплопроводности вещества (1 час).

6) Решение простейших задач на определение или применение параметров механических свойств вещества (2 часа).

7) Обсуждение механизмов поляризации диэлектриков и набора параметров, численно характеризующих эти механизмы. Прикидочные расчёты режимов поляризации в этих механизмах (2 часа).

8) Оценочные расчёты диэлектрической восприимчивости, поляризуемости и проницаемости диэлектриков при одновременном действии нескольких точно заданных механизмов поляризации (2 часа).

9) Оценочные расчёты электрической прочности однослойных и многослойных электроизолирующих плёнок (2 часа).

10) Анализ процессов саморазряда конденсаторов с несовершенными диэлектриками (1 час).

11) Оценочные расчёты режимов работы конденсаторов с разными диэлектрическими материалами (2 часа).

#### Четвёртый семестр

12) Оценочные расчёты удельной электрической проводимости полупроводников при заданных концентрациях носителей заряда и параметрах их подвижности (2 часа).

13) Прикидочные расчёты температурных зависимостей параметров электрических свойств основных групп полупроводниковых материалов (4 часа).

14) Оценочные расчёты погонных электрических сопротивлений металлических проволок и жил проводов по известным свойствам соответствующих проводящих материалов (4 часа).

15) Прикидочные расчёты температурных режимов металлических проволок и жил проводов по заданным параметрам температурных зависимостей проводящих свойств соответствующих материалов при известной токовой нагрузке и известных условиях теплообмена с окружающей средой (2 часа).

16) Сравнительный анализ параметров предельных гистерезисных циклов ферро- и ферромагнетиков (2 часа).

17) Анализ режимов тепловыделения от потерь на гистерезис в магнитопроводах по заданному виду гистерезисной петли магнитомягкого материала (2 часа).

18) Графическое построение кривых размагничивания магнитотвёрдых материалов по известным справочным аппроксимирующим параметрам (2 часа).

### **Самостоятельная работа студентов**

Самостоятельная работа студентов предусматривает самостоятельную подготовку по сбору, систематизации и обработке материала из предложенного списка литературы (и дополнительной литературы), лекционного материала, к практическим занятиям, рейтинг-контролю, зачёту. Сюда включается также самостоятельное выполнение домашних заданий, выдаваемых на практических занятиях.

## **5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ**

Лекционные и практические занятия проводятся в аудиториях, оборудованных компьютерами, электронными проекторами, что позволяет сочетать активные и интерактивные формы проведения занятий. Чтение лекций сопровождается демонстрацией компьютерных слайдов, комплект которых содержится в электронном приложении к рабочей программе. Интерактивные формы – компьютерные симуляции, а также разбор ситуаций, связанных с физическими (главным образом, электромагнитными) воздействиями на анализируемые материалы.

Применяются также элементы дистанционных технологий для контроля самостоятельной работы и текущей успеваемости студентов. Для этого имеется сайт дистанционного образования, построенный на программном пакете Moodle с записью на курсы студентов всех форм обучения.

В рамках учебного курса предусмотрены встречи со специалистами, работающими в области электроэнергетики и электротехники.

## **6. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ИТОГАМ**

## ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ И УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ

### 6.1. Вопросы по разделам программы для проведения текущего контроля

Семестр 3. Рейтинг- контроль 1.

1. Каково отличие между понятиями материи, вещества и материала?
2. Какие существуют типы химической связи, влияющие на структуру вещества?
3. Чем отличаются аморфные тела от кристаллических?
4. Какие существуют типы кристаллических решёток?
5. Как определяются индексы Миллера для узла элементарной кристаллической ячейки в кубической и гексагональной решётке?
6. Как определяются индексы Миллера для плоскости элементарной кристаллической ячейки в кубической и гексагональной решётке?
7. Как определяются индексы Миллера для направления в кубической и гексагональной решётке?
8. Что такое изоморфизм и полиморфизм?
9. В чём отличие монокристалла от поликристалла?
10. Дайте классификацию дефектов кристаллического строения?
11. Какие вещества могут быть компонентами сплава?
12. Что называется фазой сплава?
13. Как образуются химические соединения в процессе сплавления?
14. Твёрдые растворы замещения и внедрения.
15. Каковы причины образования ограниченных и неограниченных твёрдых растворов?
16. Что такое эвтектика и каковы условия её кристаллизации?
17. В чём состоит цель термической обработки металлов и сплавов?
18. Перечислите основные виды термической обработки?
19. Перечислите основные этапы термической обработки?
20. Чем отличается отжиг первого рода от отжига второго рода?
21. Что такое закалка и какие условия необходимы для её проведения?
22. В чём сущность процессов отпуска и старения?
23. Для чего применяются химико-термические и термомеханические виды обработки металлов и сплавов?
24. Какие процессы лежат в основе химико-термической обработки?
25. Назовите основные параметры, характеризующие электропроводящие свойства материалов.



26. Как классифицируются вещества (материалы) по отношению к воздействию электрического поля?
27. Что такое температурный коэффициент удельного электрического сопротивления?
28. Что такое магнитный диполь и магнитный дипольный момент?
29. Из чего складывается магнитный дипольный момент атома?
30. Как классифицируются вещества (материалы) по отношению к воздействию магнитного поля?
31. Что такое магнитный диполь и магнитный дипольный момент?
32. Что такое намагниченность вещества?
33. Что такое магнитная восприимчивость, магнитная проницаемость (относительная и абсолютная)?

### Семестр 3. Рейтинг- контроль 2.

- 1) Что такое теплопроводность и коэффициент теплопроводности материала?
- 2) Как определяется температурный коэффициент какого-либо параметра физических свойств вещества?
- 3) В каких случаях важен учёт теплового расширения материалов? Какой параметр характеризует свойство теплового расширения материала?
- 4) Что такое удельная теплоёмкость материала?
- 5) В чём заключается сущность понятия нагневостойкости материалов?
- 6) Что представляет собой холодостойкость материалов?
- 7) Что такое температуропроводность материала? От каких факторов зависит коэффициент температуропроводности?
- 8) Дайте определения основных механических свойств твёрдых материалов.
- 9) Что называют механическим напряжением твёрдого тела?
- 10) Что называют деформацией твёрдого тела (в количественном смысле)?
- 11) Сформулируйте закон Гука для упругой деформации.
- 12) Изобразите и прокомментируйте типичные виды кривых «напряжение- деформация».
- 13) Что называют пределом пропорциональности кривой «напряжение- деформация» материала?
- 14) Что называют пределом упругости кривой «напряжение- деформация» материала?
- 15) Что такое пределы текучести?
- 16) Что такое предел прочности твёрдого материала?
- 17) Какие существуют модули упругости и как они связаны между собой?
- 18) От каких факторов зависят модули упругости?
- 19) какие явления называются неупругими? Какова природа этих явлений?

- 20) Что такое внутреннее трение? От каких факторов зависит его величина?
- 21) Охарактеризуйте процесс пластической деформации.
- 22) Какие существуют виды разрушений твёрдых материалов и чем они отличаются друг от друга?
- 23) Какие факторы влияют на характер разрушений?
- 24) Что такое ползучесть? Какие существуют виды ползучести?
- 25) Какие существуют характеристики жаропрочности материалов?
- 26) Что такое усталость материала и какие существуют характеристики усталости?
- 27) Что такое изнашивание? Как определяют износ? Какие виды изнашивания существуют?
- 28) Что такое твёрдость? Какие существуют показатели твёрдости материалов?
- 29) В чём заключается разница между прочностью, а также пластичностью металлических и неметаллических материалов?
- 30) Назовите и кратко охарактеризуйте основные технологические свойства материалов.

#### Семестр 3. Рейтинг- контроль 3.

- 1) Что такое электрический диполь и электрический дипольный момент?
- 2) Из чего складывается электрический дипольный момент атома?
- 3) Из чего складывается электрический дипольный момент молекулы?
- 4) Что такое удельная электрическая проводимость вещества?
- 5) Что такое электрическая поляризованность вещества?
- 6) Что такое диэлектрическая восприимчивость, поляризуемость и проницаемость линейного диэлектрика? Единицы измерения этих параметров.
- 7) Какие существуют механизмы поляризации диэлектриков?
- 8) Что такое электронная поляризация?
- 9) Что такое ионная поляризация?
- 10) Что такое дипольно- релаксационная поляризация?
- 11) Что такое ионно- релаксационная поляризация?
- 12) Что такое электронно- релаксационная поляризация?
- 13) Что такое резонансная поляризация?
- 14) Что такое миграционная поляризация?
- 15) Что такое спонтанная поляризация?
- 16) Что называют линейными диэлектриками?
- 17) Что называют нелинейными диэлектриками?
- 18) Что называют неполярными диэлектриками?
- 19) Что называют полярными диэлектриками?
- 20) Что называют ионными диэлектриками?

- 21) Что называют током смещения в диэлектрике?
- 22) Что называют поляризационным током в диэлектрике?
- 23) Что называют абсорбционным током в диэлектрике?
- 24) Что называют током сквозной электропроводности?
- 25) Что называют удельной объёмной проводимостью диэлектрика?
- 26) Что называют удельной поверхностной проводимостью диэлектрика?
- 27) Что называют диэлектрическими потерями?
- 28) Что такое угол диэлектрических потерь?
- 29) Что такое комплексная диэлектрическая проницаемость материала на фиксированной частоте?
- 30) Какое физическое явление называют пробоем диэлектрика?
- 31) Каким параметром характеризуется электрическая прочность диэлектрика?
- 32) Каким параметром характеризуется электрическая прочность изоляции в электротехническом изделии?

#### Семестр 4. Рейтинг- контроль 1.

- 1) Какие электротехнические материалы называют полупроводниками и каковы их характерные особенности?
- 2) Что такое генерация носителей заряда и за счёт чего она происходит?
- 3) Что такое дырка? Какой заряд она имеет? Как она выполняет роль подвижного носителя заряда?
- 4) Что такое экситон? Обладает ли он подвижностью? Вносят ли экситоны вклад в электрическую проводимость вещества?
- 5) Как происходит генерация примесных носителей заряда в полупроводнике?
- 6) Что такое донорные и акцепторные энергетические уровни в запрещённой зоне?
- 7) Что такое рекомбинация носителей заряда?
- 8) Что такое время жизни носителей заряда в полупроводнике?
- 9) Что такое диффузионная длина носителей заряда?
10. Что означает термин «собственный полупроводник»? Чем обусловлена проводимость таких полупроводников?
11. Что означает термин «примесный полупроводник»? Чем обусловлено влияние примесей на электрическую проводимость полупроводников?
12. Что называют донорными примесями?
13. Что называют акцепторными примесями?
14. Что называют основными и неосновными носителями заряда в примесных полупроводниках?

15. Что называют подвижностью носителей заряда в полупроводнике?
16. Как выражается удельная электрическая проводимость вещества через концентрацию и подвижность носителей заряда одного типа?
17. Как выражается удельная электрическая проводимость вещества через концентрации и подвижности носителей заряда двух типов?
18. Какая существует взаимосвязь между концентрациями основных и неосновных носителей заряда в примесном полупроводнике?
19. Какой характер имеет температурная зависимость удельной электрической проводимости полупроводников?
20. Что такое фоторезистивный эффект?
21. Что называют фотопроводимостью (в количественном смысле)?
22. Как связана скорость оптической генерации носителей заряда с интенсивностью падающего света?
23. Как зависит фотопроводимость от интенсивности облучения?
24. Что такое люминесценция и люминофоры?
25. Что такое фотолюминесценция? Чем определяются люминесцентные свойства твёрдого тела?
26. Что такое спонтанное и стимулированное излучение? В чём заключается существенное отличие между ними?
27. Что такое электролюминесценция? Какие существуют виды электролюминесценции?
28. Что такое катодолюминесценция?
29. Каким выражением определяется термо-ЭДС в полупроводниках?
30. Как проявляется эффект Холла в полупроводниках p- и n- типов?
31. Каковы особенности проводимости полупроводников в сильных электрических полях?

#### Семестр 4. Рейтинг- контроль 2.

1. Как классифицируются проводники по агрегатному состоянию и по типу проводимости?
2. Каков физический смысл уровня Ферми?
3. Какими свойствами обладает «электронный газ» в состоянии вырождения?
4. Почему удельное сопротивление металлов растёт с повышением температуры?
5. Что называют температурным коэффициентом удельного сопротивления? Является ли он константой для данного металла?
6. Как влияют примеси на удельное сопротивление металлов? Сформулируйте правило Маттисена.
7. Почему металлические сплавы типа твёрдых растворов обладают более высоким удельным сопротивлением, нежели чистые компоненты, образующие сплав?

8. Объясните поведение проводников на высоких частотах.
9. Как зависит удельное сопротивление тонких металлических плёнок от их толщины и почему?
10. В каких условиях возможно появление термо-ЭДС в замкнутой цепи? Назовите основные механизмы, ответственные за возникновение термо-ЭДС.
11. Каким образом получают электротехническую медь?
12. Назовите основные марки стандартной электротехнической меди. Чем они отличаются друг от друга?
13. Назовите специальные сорта меди. Их назначение и особенности.
14. Каково влияние примесей на свойства меди?
15. Где применяется электротехническая медь?
16. Сравните свойства алюминия и меди применительно к электротехнике.
17. Назовите основные марки алюминия. Чем они отличаются друг от друга?
18. Охарактеризуйте свойства поверхности алюминия.
19. Что представляет собой явление сверхпроводимости?
20. Кратко опишите физическую природу сверхпроводимости.
21. Опишите явления вытеснения магнитного поля из сверхпроводника.
22. Опишите явление потери сверхпроводимости под действием магнитного поля. Чем отличаются сверхпроводники I рода от сверхпроводников II рода?
23. Назовите области применения сверхпроводниковых материалов.
24. Какие требования предъявляются к сплавам высокого сопротивления? Где они применяются?
25. Дайте краткую характеристику сплава «манганин».
26. Дайте краткую характеристику сплава «константан».
27. Хромо- никелевые сплавы: свойства и применение в электротехнике.
28. Какие тугоплавкие металлы применяют в электровакуумной технике?
29. Золото и серебро: свойства и применение в электротехнике.
30. Платина и палладий: свойства и применение в электротехнике.
31. Композиционные электропроводящие материалы.
32. Оксидные электропроводящие материалы.

#### Семестр 4. Рейтинг- контроль 3.

1. Железо: свойства и применение в электротехнике.
2. Кобальт: свойства и применение в электротехнике.
3. Никель: свойства и применение в электротехнике.

4. Что такое статическая и дифференциальная магнитная проницаемость материала с нелинейными магнитными свойствами?
5. Что такое угол магнитных потерь и комплексная магнитная проницаемость?
6. Что такое электротехническая сталь и в каком виде она применяется для изготовления магнитопроводов?
7. Почему магнитомягкие ферриты применяются в более широких частотных диапазонах, чем электротехнические стали.
8. Что такое пермаллой, каковы их особенности и где они применяются?
9. Магнитотвёрдые ферриты.
10. Как производится пересчёт кривых намагничивания и гистерезисных циклов из координат  $(H, M)$  в координаты  $(H, B)$  и наоборот?
11. Чем отличается обменное взаимодействие в ферро- и антиферромагнетиках?
12. Могут ли обладать ферромагнитными свойствами сплавы, состоящие из неферромагнитных элементов?
13. Чем обусловлены направления намагниченностей в доменах и расположение их границ в отсутствие внешнего магнитного поля?
14. Что понимают под энергией естественной магнитной кристаллографической анизотропии?
15. Какие процессы происходят в ферромагнетике при его намагничивании внешним полем?
16. Что называют основной кривой намагничивания магнитного материала?
17. Как изменяется статическая магнитная проницаемость ферромагнетика от напряженности магнитного поля?
18. Как изменяется дифференциальная магнитная проницаемость ферромагнетика от напряженности магнитного поля?
19. В чем заключается явление магнитострикции? Какое влияние оно оказывает на процесс намагничивания ферромагнетика?
20. Как изменяется индукция насыщения ферромагнетика при увеличении температуры?
21. Чем объяснить различный характер температурных зависимостей магнитных проницаемостей, измеренных в слабых и сильных магнитных полях?
22. Каковы причины появления магнитных потерь при циклическом перемагничивании ферромагнетиков? Какие существуют способы уменьшения магнитных потерь?
23. Почему переменный магнитный поток неравномерно распределяется по сечению сплошного магнитопровода? Как это сказывается на значении эффективной магнитной проницаемости сердечника?

24. Какие материалы называются ферритами? Каково распределение катионов по узлам кристаллической решётки в ферритах со структурой нормальной и обращённой шпинели?
25. Какова природа магнитного упорядочения в ферритах?
26. Что такое точка компенсации и в каких материалах она наблюдается?
27. В каких магнитных материалах и при каких условиях можно получить цилиндрические магнитные домены (ЦМД)? На чём основано применение ЦМД в вычислительной технике?
28. Как классифицируются сильномагнитные материалы по величине коэрцитивной силы?
29. Что такое остаточная намагниченность, намагниченность насыщения, коэрцитивная сила по магнитной индукции и по намагниченности?
30. Что такое основная кривая размагничивания и кривые возврата?
31. Как аппроксимируется основная кривая размагничивания для технических расчётов?

### Семестр 3. Контрольные вопросы по СРС.

1. Каким образом можно классифицировать диэлектрики по свойствам и техническому назначению?
2. Чем отличается реакция полимеризации от поликонденсации?
3. Чем различаются свойства линейных и пространственных полимеров?
4. Какие полимеры используются в качестве высокочастотных диэлектриков и почему?
5. Как и для каких целей производят изделия из композиционных пластмасс?
6. Каковы основные преимущества эпоксидных компаундов? Каков механизм их отверждения?
7. Какие виды стёкол нашли наиболее широкое применение в электротехнике и для каких целей?
8. В чём сходство и различие между ситаллом и стеклом? Какова технология изготовления ситаллов и для каких целей они применяются?
9. Каковы операции технологического цикла при изготовлении керамических изделий? В чём преимущества керамического производства?
10. Приведите примеры установочных высокочастотных керамических диэлектриков. Назовите наиболее характерные области их применения.
11. На каких принципах основано создание термостабильной конденсаторной керамики?
12. Какие диэлектрики называют активными? В чём различие требований к активным и пассивным диэлектрикам?
13. Какая электрическая упорядоченность свойственна сегнетоэлектрикам?
14. Как объяснить диэлектрический гистерезис и нелинейность зависимости заряда от напряжения у конденсаторов с сегнетоэлектриками?
15. Что такое начальная, реверсивная и эффективная диэлектрические проницаемости?

16. Что называют сегнетоэлектрической точкой: Кюри?
17. Каков микроскопический механизм спонтанной поляризации титаната бария?
18. Назовите наиболее важные применения сегнетоэлектриков. На каких свойствах материалов основаны эти применения?
19. Что такое прямой и обратный пьезоэффект? В каких диэлектриках можно наблюдать эти явления?
20. От каких факторов зависят пьезоэлектрические свойства сегнетоэлектрической керамики? В чём состоят преимущества пьезокерамики перед монокристаллическими пьезоэлектриками?
21. Что такое пироэлектрический эффект? Где применяются пироэлектрики?
22. Какова при рода электретного состояния в диэлектриках? Что такое гомо- и гетерозаряд?
23. В чём различие между жидким состоянием вещества и «жидким кристаллом»?
24. Как классифицируются жидкие кристаллы по виду симметрии? Какие из них находят наиболее широкое применение в электронной технике и для каких целей?
25. Какие основные требования предъявляются к диэлектрику как лазерному материалу? Какие элементы и почему наиболее часто используются в качестве активаторов люминесценции в твердотельных лазерах?
- 26) Что такое гомополимеры и сополимеры?
- 27) Что такое гомоцепные и гетероцепные полимеры?
- 28) Что такое линейные, разветвлённые и сетчатые (сшитые) полимеры?
- 29) Что такое термопластичные и термореактивные полимеры?
- 30) Какие Вы знаете полимерные плёночные материалы и где они применяются в качестве диэлектриков?
- 31) Что такое эластомеры и где они применяются?

#### Семестр 4. Контрольные вопросы по СРС.

- 1) Какие химические элементы обладают свойствами полупроводников? Какие из них имеют наибольшее значение для электронной техники?
- 2) Что служит сырьём при получении полупроводниковых кремния и германия? Назовите основные технологические операции при получении кремния полупроводниковой чистоты.
- 3) Каким образом производится кристаллизационная очистка кремния и германия? Какой метод получил наиболее широкое распространение для выращивания крупных монокристаллов этих полупроводников?
- 4) Как изменяется ширина запрещённой зоны кремния и германия при понижении температуры?



- 5) Какие примесные элементы создают в кремнии и германии мелкие акцепторные и донорные уровни?
- 6) При каком допустимом содержании примесей германий будет обладать собственным сопротивлением при комнатной температуре?
- 7) В каком спектральном диапазоне чистый кремний оптически прозрачен в нормальных условиях?
- 8) Как и почему изменяется подвижность носителей заряда в кремнии и германии при увеличении концентрации легирующих примесей?
- 9) Какая существует взаимосвязь между коэффициентами диффузии и растворимостью примесей в кремнии и германии?
- 10) Какими преимуществами обладают эпитаксиальные методы осаждения полупроводниковых слоёв?
- 11) Какие преимущества кремния обуславливают его широкое применение при изготовлении планарных транзисторов и интегральных микросхем?
- 12) Чем различаются свойства политипов карбида кремния? Как эти различия можно использовать на практике?
- 13) Какой тип химической связи характерен для полупроводниковых соединений типа  $A^3B^5$ ? Какие закономерности в изменении электрофизических свойств этих полупроводников Вам известны?
- 14) Каким образом осуществляется синтез и выращивание монокристаллов разлагающихся полупроводниковых соединений?
- 15) Как изменяется ширина запрещённой зоны полупроводниковых твёрдых растворов в зависимости от состава?
- 16) Какие материалы используются для изготовления инжекционных лазеров и светодиодов?
- 17) Какие полупроводниковые материалы наиболее перспективны для создания гетеропереходов со свойствами идеального контакта?
- 18) Почему большинство полупроводниковых соединений  $A^2B^6$  проявляет лишь один тип электропроводности, независимо от характера легирования?
- 19) Для каких целей перспективно использование полупроводников  $A^4B^6$  и твёрдых растворов на их основе?
- 20) Какие свойства меди обуславливают ее широкое применение в электротехнике? Что такое «водородная болезнь» меди?
- 21) Какими преимуществами и недостатками по сравнению с медью обладает алюминий как проводниковый материал?

- 22) Какие металлы и в каких условиях могут переходить в состояние сверхпроводимости? Что является причиной образования куперовских пар?
- 23) Как влияет магнитное поле на критическую температуру перехода в состояние сверхпроводимости? Чем различаются сверхпроводники первого и второго рода?
- 24) Какие металлические сплавы высокого сопротивления нашли применение в электротехнике и для каких целей?
- 25) Каким образом обеспечивается прочность и формоустойчивость вольфрамовых нитей и спиралей при высоких температурах эксплуатации?
- 26) Чем обусловлено широкое применение тантала в конденсаторостроении?
- 27) Почему ферромагнитные металлы обладают нелинейной зависимостью удельного сопротивления от температуры?
- 28) Что понимают под мягкими и твёрдыми припоями?
- 29) Назовите неметаллические проводниковые материалы и приведите примеры их применения в электротехнике.
- 30) Что представляет собой электротехническая сталь и где она применяется?
- 31) Какие группы материалов для изготовления постоянных магнитов Вы знаете? Чем они отличаются друг от друга по физическим свойствам?

## 6.2. Вопросы к зачёту

### Семестр 3

1. Что такое электротехнический материал? На какие группы подразделяются вещества по отношению к электрическому и магнитному полю? Дать определения этим группам.
2. Типы кристаллических решёток, их краткая характеристика.
3. Типы сплавов. Их наиболее характерные фазовые диаграммы.
4. Какими параметрами и характеристиками описываются свойства диэлектриков? Чем отличаются изоляционные материалы от диэлектриков для конденсаторной техники?
5. Указать условные границы между диэлектриками, полупроводниками и проводниками. Что такое удельная электрическая проводимость вещества?
6. Назовите основные виды химической связи и кратко охарактеризуйте их.
7. Что такое электрический диполь и соответствующий дипольный момент? Что такое электрическая поляризованность вещества?
8. Что такое энергетические уровни электронных оболочек и энергетические зоны? Чем отличаются друг от друга диэлектрики, полупроводники и проводники с точки зрения зонной теории?

9. Как зависит электрическая поляризованность пассивных диэлектриков от напряжённости электрического поля в статическом режиме? Что такое диэлектрическая восприимчивость вещества и диэлектрическая проницаемость?
10. Кратко опишите механизмы поляризации диэлектриков.
11. Как выглядит частотная зависимость диэлектрической восприимчивости вещества, обусловленной одним видом релаксационной поляризации, если известна статическая восприимчивость и постоянная времени релаксации?
12. Как выглядит частотная зависимость диэлектрической проницаемости вещества, обусловленной совместным действием нескольких механизмов мгновенной и релаксационной поляризации, если для каждого из этих механизмов известна статическая восприимчивость и постоянная времени релаксации?
13. Как определяется диэлектрическая восприимчивость смеси химически не взаимодействующих диэлектрических компонентов? Формула Лихтенеккера.
14. Составляющие тока, протекающего через диэлектрик и их определения.
15. Что такое удельная объёмная проводимость, удельное объёмное сопротивление, удельная поверхностная проводимость, удельное поверхностное сопротивление?
16. Чем обусловлена электропроводность газов?
17. Чем обусловлена электропроводность жидкостей?
18. Чем обусловлена объёмная электропроводность твёрдых диэлектриков?
19. Чем обусловлена поверхностная электропроводность твёрдых диэлектриков?
20. Какие существуют виды диэлектрических потерь? Что такое угол диэлектрических потерь и его тангенс?
21. Что такое пробой диэлектрика и электрическая прочность изоляции?
22. Классификация пассивных и активных диэлектрических материалов.
23. Наиболее часто применяемые полимерные диэлектрики.
24. Наиболее часто применяемые неорганические диэлектрики.
25. Сегнетоэлектрики.
26. Пьезоэлектрики.
27. Пироэлектрики.
28. Электреты.

#### Семестр 4

1. Отличие по электрическим свойствам полупроводников от проводников и диэлектриков.
2. Полупроводники: элементарные и химические соединения.
3. Собственные носители заряда в полупроводниках.
4. Примесные носители заряда в полупроводниках.

5. Электропроводность полупроводников.
6. Электронно-дырочный переход.
7. Фотопроводимость полупроводников.
8. Влияние сильных электрических полей на электропроводность полупроводников.
9. Собственный полупроводник германий.
10. Собственный полупроводник кремний.
11. Собственный полупроводник селен.
12. Пробой p-n перехода.
13. Собственный полупроводник карбид кремния.
14. Собственные полупроводники  $A^3B^5$ .
15. Собственные полупроводники  $A^2B^6$ .
16. Полупроводники на основе оксидов.
17. Проводниковые материалы на основе меди.
18. Проводниковые материалы на основе алюминия.
19. Проводниковые материалы на основе железа.
20. Сверхпроводники и криопроводники.
21. Проводниковые материалы на основе тугоплавких металлов.
22. Проводниковые материалы на основе благородных металлов.
23. Проводниковые материалы на основе свинца.
24. Проводниковые материалы на основе олова.
25. Проводниковые материалы на основе цинка.
26. Металлические сплавы высокого электрического сопротивления.
27. Понятие о твёрдых, жидких и газообразных проводниках.
28. Температурная зависимость удельного сопротивления металлических проводников.
29. Контактная разность потенциалов. Термоэлектродвижущая сила.
30. Классификация проводниковых материалов.
31. Неметаллические проводящие материалы.
32. Проводниковые материалы с ионной проводимостью.
33. Электротехнические композиционные материалы для резисторов.
34. Материалы для контактов электрических аппаратов.
35. Спонтанное намагничивание сильномагнитных материалов и их доменная структура.
36. Магнитомягкие материалы. Их свойства и техническое применение.
37. Магнитотвёрдые материалы. Их свойства и техническое применение.

## 7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

а) основная литература (фонд библиотеки ВлГУ и электронные библиотечные системы со свободным доступом для сотрудников и студентов ВлГУ):

1. Г.Г. Бондаренко, Т.А. Кабанова, В.В. Рыбалко. Основы материаловедения [Электронный ресурс] / Г.Г. Бондаренко, Т.А. Кабанова, В.В. Рыбалко. – М. : БИНОМ, 2015. - <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785996323777.html>. – Электронное издание на основе: Основы материаловедения [Электронный ресурс] : учебник / Г. Г. Бондаренко, Т. А. Кабанова, В. В. Рыбалко ; под ред. Г. Г. Бондаренко. – 2-е изд. (эл.). - Электрон. текстовые дан. (1 файл pdf : 763 с.). – М. : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2015. – (Учебник для высшей школы). – Систем. требования: Adobe Reader XI ; экран 10". – ISBN 978-5-9963-2377-7.
2. Г. Готтштайн. Физико-химические основы материаловедения [Электронный ресурс] / Г. Готтштайн. – М. : БИНОМ, 2014. – <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785996313273.html>. – Электронное издание на основе: Физико-химические основы материаловедения [Электронный ресурс] / Г. Готтштайн ; пер. с англ. К. Н. Золотовой, Д. О. Чаркина под ред. В. П. Зломанова. – 2-е изд. (эл.). – Электрон. текстовые дан. (1 файл pdf : 403 с.). – М. : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2014. - (Лучший зарубежный учебник). – Систем. требования: Adobe Reader XI ; экран 10". – ISBN 978-5-9963-1327-3.
3. Привалов, Е.Е. Электроматериаловедение [Электронный ресурс] : учебное пособие / Е.Е. Привалов; Ставропольский государственный аграрный университет. – Ставрополь: АГРУС, 2012. – 196 с. - Режим доступа: <http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=515127>.
4. Томилин, В. И. Физическое материаловедение. Ч. 1. Пассивные диэлектрики [Электронный ресурс] : учеб. пособие в 2 ч. / В. И. Томилин, Н. П. Томилина, В. А. Бахтина. – Красноярск : Сиб. федер. ун-т, 2012. – 280 с. – ISBN 978-5-7638-2510-7. – <http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=440908>.
5. Тимофеев, Игорь Александрович. Электротехнические материалы и изделия: учебное пособие для вузов по специальностям направлений подготовки "Транспортные машины и транспортно-технологические комплексы" и "Эксплуатация наземного транспорта и транспортного оборудования"/ И. А. Тимофеев. – Санкт-Петербург: Лань, 2012. – 267 с. : ил., табл.. – (Учебники для вузов. Специальная литература). – Библиогр.: с. 252-263. – ISBN 978-5-8114-1304-1.

6. Пешков, Изяслав Борисович. Материалы кабельного производства/ И. Б. Пешков. – Москва: Машиностроение, 2013. – 455 с. : ил., табл. – Библиогр. в конце гл. – ISBN 978-5-94275-708-3.

7. Гареев, Камиль Газинурович. Физические основы магнитных материалов: учебное пособие по направлениям 210100 (11.03.04) "Электроника и наноэлектроника" и 222900 (28.03.01) "Нанотехнологии и микросистемная техника"/ К. Г. Гареев, В. П. Мирошкин; Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет "ЛЭТИ" ; под общ. ред. В. П. Мирошкина. – Санкт-Петербург: Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет "ЛЭТИ", 2014. – 407 с. : ил., табл.. – (Физика и технология микро- и наносистем). – Библиогр.: с. 404-407. – ISBN 978-5-600-00132-9.

8. Сорокин, Валерий Сергеевич. Материалы и элементы электронной техники. Проводники, полупроводники, диэлектрики: учебник для вузов по направлению "Электроника и наноэлектроника" и "Конструирование и технология электронных средств"/ В. С. Сорокин, Б. Л. Антипов, Н. П. Лазарева. - Изд. 2-е, испр.. – Санкт-Петербург: Лань, 2015. – 442 с. : ил., табл.. – (Учебники для вузов. Специальная литература). – ISBN 978-5-8114-2003-2

б) дополнительная литература (фонд библиотеки ВлГУ и электронные библиотечные системы со свободным доступом для сотрудников и студентов ВлГУ):

1. Фролова, Тамара Николаевна. Методические указания к практическим занятиям по дисциплине "Материаловедение и материалы электронных средств"/ Т. Н. Фролова ; Владимирский государственный университет (ВлГУ), Кафедра конструирования и технологии радиоэлектронных средств. - Владимир : Владимирский государственный университет (ВлГУ), 2009. - 48 с. : ил., табл. – Имеется электронная версия. – Библиогр.: с. 48.

2. Бондаренко, Геннадий Германович. Материаловедение : учебник для вузов по специальности "Управление качеством"/ Г. Г. Бондаренко, Т. А. Кабанова, В. В. Рыбалко ; под ред. Г. Г. Бондаренко. – Москва : Высшая школа, 2007. – 360 с. : ил., табл. – (Для высших учебных заведений, Общетеchnические дисциплины). – Библиогр.: с. 340. – ISBN 978-5-06-005566-5.

3. Картонова, Л. В. Мини-словарь толкования основных терминов по дисциплине «Материаловедение» [Электронный ресурс] / Л. В. Картонова ; Владимирский государственный университет (ВлГУ), Кафедра литейных процессов и конструкционных материалов . – Электронные текстовые данные (1 файл: 227 Кб). – Владимир : Владимирский государственный университет (ВлГУ), 2011. – 32 с. – Заглавие с титула экрана. – Библиогр.: с. 32. – Свободный доступ в электронных читальных залах библиотеки. – Microsoft Office Word. – <URL:<http://e.lib.vlsu.ru/bitstream/123456789/2825/1/00209.doc>>.

4. В.Р. Васильев, С.А. Герасимов, Э.А. Елисеев и др.; под ред. Н.М. Рыжова. "Материалы с особыми магнитными и электрическими свойствами: методические указания к лабораторным работам № 14, 15, 16, 17, 18, 19 по курсу "Материаловедение" [Электронный ресурс] / В.Р. Васильев, С.А. Герасимов, Э.А. Елисеев и др.; под ред. Н.М. Рыжова. – М. : Издательство МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2009." - [http://www.studentlibrary.ru/book/bauman\\_0179.html](http://www.studentlibrary.ru/book/bauman_0179.html). - Электронное издание на основе: Материалы с особыми магнитными и электрическими свойствами : методические указания к лабораторным работам № 14, 15, 16, 17, 18, 19 по курсу "Материаловедение" / В. Р. Васильев, С. А. Герасимов, Э. А. Елисеев и др. ; под ред. Н.М. Рыжова. – М. : Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2009. с. 54, [2]. : ил.

5. Герасимов В.Г., Орлов И.Н. Электротехнический справочник. Том 1: Общие вопросы. Электротехнические материалы [Электронный ресурс] / Под общ. ред. профессоров МЭИ В.Г. Герасимова и др. (гл. ред. И.Н. Орлов). - 9-е изд., стер. - М.: Издательский дом МЭИ, 2007. - <http://www.studentlibrary.ru/book/MPEI192.html>. – Электронное издание на основе: Электротехнический справочник: В 4 т. Т. 1. Общие вопросы. Электротехнические материалы / Под общ. ред. профессоров МЭИ В.Г. Герасимова и др. (гл. ред. И.Н. Орлов). – 9-е изд., стер. – М.: Издательский дом МЭИ, 2007. – 440 с. – ISBN 5-7046-0985-6.

6. Исследование физических свойств материалов. Ч. 2. Магнитные свойства магнитомягких материалов / Шишкин А.В., Дутова О.С. – Новосибир.: НГТУ, 2010. – 52 с.: ISBN 978-5-7782-1409-5. – <http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=556827>.

7. Материаловедение. Конструкционные и электротехнические материалы. Материалы и элементы электронной техники/ Новиков И.Л., Дикарева Р.П., Романова Т.С. – Новосибир.: НГТУ, 2010. - 56 с.: ISBN 978-5-7782-1479-8. – <http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=548084>.

8. Исследование физических свойств материалов. Часть 3. Электрические свойства проводниковых материалов / Шишкин А.В., Дутова О.С. – Новосибир.:НГТУ, 2011. – 42 с.: ISBN 978-5-7782-1679-2. – <http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=556750>.

9. Исследование физических свойств материалов. Ч. 1 Электрические свойства твердых диэлектриков/ШишкинА.В., ДутоваО.С. – Новосибир.: НГТУ, 2009. – 60 с.: ISBN 978-5-7782-1257-2. – <http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=548065>.

10. Зверлин С.В. Гребенкин А.Н. Примеси металлов и диэлектрические свойства текстиля / Вестник СПГУТД, №2 (17), 2009. – <http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=524074>.

в) периодические издания (фонд библиотеки ВлГУ):

1. Журнал «Вопросы материаловедения».
2. Журнал «Известия ВУЗов: электроника».

3. Журнал «Проектирование и технология электронных средств».
4. Журнал «Электричество».
5. Журнал «Электро. Электротехника. Электротехническая промышленность».
6. Журнал «Электротехника».
7. Журнал «Материаловедение».

г) Internet-ресурсы:

<http://elektrica.info/klassifikatsiya-e-lektrotehnikeskikh-materialov/>

<http://fb.ru/article/245937/elektrotehnikeskie-materialyi-ih-svoystva-i-primeneniye>

<http://www.mukhin.ru/stroysovet/electro/005/htme>

<http://lib.madi.ru/fel/fel1/fel08E024.pdf>

<http://www.elektrikii.ru/publ/10-1-0-69>

<http://refdb.ru/look/1847535.html>

<http://www.studfiles.ru/preview/4354486/>

[http://electrohobby.ru/elektr\\_mater\\_chno\\_eto\\_tak\\_ob\\_pon.html](http://electrohobby.ru/elektr_mater_chno_eto_tak_ob_pon.html)

<http://forca.ru/knigi/arhivy/elektromaterialovedenie.html>

<http://window.edu.ru/resource/993/24993/files/nwpi080.pdf>

<http://bibliofond.ru/view.aspx?id=3250>

<http://pandia.ru/text/78/395/85146.php>

## **8. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

Лекции читаются в аудиториях кафедры ЭтЭн, оборудованных электронными проекторами (ауд. 520-3, 522-3, 517-3), с использованием иллюстративного электронного материала в стандартных графических форматах и в Microsoft Office.

Для выполнения контрольной работы и подготовки к практическим занятиям студенты могут воспользоваться компьютерным классом кафедры ЭтЭн (лаб. 519-3; 16 компьютеров) с применением офисного и математического ПО. Основным математическим ПО является система инженерных и научных расчётов MATLAB. Кроме того, для решения расчётных задач применяется программный пакет MathCAD.



Рабочая программа дисциплины составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника».

Рабочую программу составил: Шмелёв В.Е., к.т.н., доцент кафедры «Электротехника и электроэнергетика» (ЭтЭн).

*В.Е. Шмелёв*

Рецензент: Начальник проектного отдела ООО "МФ-Электро"

Чебрякова Ю.С.



Программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры ЭтЭн

Протокол № 2 от 02.10.2015.

Заведующий кафедрой

*Сбитнев*

Сбитнев С.А.

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании учебно-методической комиссии направления 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника» 2 октября 2015 года.

Протокол № 2 от 02.10.2015.

Председатель комиссии

*Сбитнев*

Сбитнев С.А.

**ЛИСТ ПЕРЕУТВЕРЖДЕНИЯ  
РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ ДИСЦИПЛИНЫ**

Рабочая программа одобрена на \_\_\_\_\_ учебный год

Протокол заседания кафедры № \_\_\_\_\_ от \_\_\_\_\_ года

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_ С.А. Сбитнев

Рабочая программа одобрена на \_\_\_\_\_ учебный год

Протокол заседания кафедры № \_\_\_\_\_ от \_\_\_\_\_ года

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_ С.А. Сбитнев

Рабочая программа одобрена на \_\_\_\_\_ учебный год

Протокол заседания кафедры № \_\_\_\_\_ от \_\_\_\_\_ года

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_ С.А. Сбитнев