



**СПбГЭТУ «ЛЭТИ»**  
ПЕРВЫЙ ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИЙ

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования  
**«Санкт-Петербургский государственный Электротехнический университет  
«ЛЭТИ» им. В.И.Ульянова (Ленина)»**  
(СПбГЭТУ «ЛЭТИ»)

---

УТВЕРЖДАЮ

Директор департамента образования

  
С.А. Галушин

«30» сентября 2020 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА**

ДИСЦИПЛИНЫ

«ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКОЕ МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ»

для подготовки бакалавров

по направлению

15.03.06 «МЕХАТРОНИКА И РОБОТОТЕХНИКА»

по профилю

«Мехатроника»

Санкт-Петербург

2020

## ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

Разработчик

старший преподаватель



А.П. Мартынов

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры ЭТПТ  
23.09.2020, протокол № 8

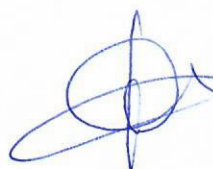
Заведующий кафедрой ЭТПТ  
к.т.н., доцент



С.А. Галунин

Рабочая программа рассмотрена и одобрена учебно-методической комиссией  
ФЭА, 30.09.2020, протокол № 2

Председатель УМК ФЭА  
к.т.н., доцент



Ю.В. Сентябрьев

**Согласовано:**

Начальник ОМОЛА



О.В. Загороднюк

## 1 СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

Обеспечивающий факультет	ФЭА
Обеспечивающая кафедра	ЭТПТ
Общая трудоемкость (ЗЕТ)	5
Курс	2
Семестр	4
<b>Виды занятий</b>	
Лекции (академ. часов)	51
Лабораторные занятия (академ. часов)	34
Практические занятия (академ. часов)	34
Иная контактная работа (академ. часов)	1
Все контактные часы (академ. часов)	120
Самостоятельная работа, включая часы на контроль (академ. часов)	60
Всего (академ. часов)	180
<b>Вид промежуточной аттестации</b>	
Экзамен (курс)	2

## **2 АННОТАЦИЯ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **«ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКОЕ МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ»**

В рамках дисциплины студенты изучают физическую сущность явлений и процессов, происходящих в материалах в различных условиях эксплуатации. Представлены зависимости между составом, строением и свойствами электротехнических и конструкционных материалов, применяемых в современной аппаратуре. Обсуждаются основные группы электротехнических и конструкционных материалов, их свойства, характеристики и области применения.

### **SUBJECT SUMMARY**

#### **«ELECTRO-TECHNICAL MATERIALS SCIENCE»**

In the course students learn the physical essence of the phenomena and processes occurring in the materials in different operating conditions. The dependence between composition, structure and properties of electro-technical & constructional materials used in modern equipment is presented. The main groups of electro-technical and constructional materials, their properties, characteristics and fields of application are discussed.

## **3 ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ**

### **3.1 Цели и задачи дисциплины**

1. Изучение физических закономерностей, определяющих свойства и поведение материалов в различных условиях их эксплуатации во взаимосвязи с конкретными применениями в компонентах и устройствах электротехнического, электроэнергетического и конструкционного назначения. Умение правильно выбрать электротехнические материалы для применения в компонентах и устройствах электротехнического и электроэнергетического назначения с учетом требований технологичности и стоимости, а также влияния внешних факторов на характеристики материалов и устройств на их основе;
2. Формирование знаний об основных свойствах и применении электро-технических материалов.
3. Овладение навыками обработки и анализа результатов экспериментальных исследований электрофизических свойств материалов.

### **3.2 Место дисциплины в структуре ОПОП**

Дисциплина изучается на основе ранее освоенных дисциплин учебного плана:

1. «Химия»
2. «Теоретические основы электротехники»

и обеспечивает изучение последующих дисциплин:

1. «Электрические машины»
2. «Проектирование электронных устройств»

### 3.3 Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

В результате освоения образовательной программы обучающийся должен достичь следующие результаты обучения по дисциплине:

<b>Код компетенции/ индикатора компетенции</b>	<b>Наименование компетенции/индикатора компетенции</b>
ПК-4	Способен проводить эксперименты на действующих макетах, образцах мехатронных и робототехнических систем по заданным методикам и обрабатывать результаты с применением современных информационных технологий и технических средств
<i>ПК-4.3</i>	<i>Обрабатывает и анализирует результаты экспериментальных исследований электрофизических свойств материалов</i>
ПК-6	Готов участвовать в подготовке технико-экономического обоснования проектов создания мехатронных и робототехнических систем, их подсистем и отдельных модулей
<i>ПК-6.4</i>	<i>Умеет правильно выбрать электротехнические материалы для применения в компонентах и устройствах электротехнического и электроэнергетического назначения с учетом требований технологичности и стоимости</i>

## 4 СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 4.1 Содержание разделов дисциплины

#### 4.1.1 Наименование тем и часы на все виды нагрузки

№ п/п	Наименование темы дисциплины	Лек, ач	Пр, ач	Лаб, ач	ИКР, ач	СР, ач
1	Введение	2				
2	Тема 1. Основные сведения о строении материалов	4				8
3	Тема 2. Проводниковые материалы	10	0	8		12
4	Тема 3. Полупроводниковые материалы	10	0	10		12
5	Тема 4. Диэлектрические материалы	8	0	8		12
6	Тема 5. Магнитные материалы	8	0	8		8
7	Тема 6. Конструкционные материалы	8	34	0		8
8	Заключение	1			1	
	Итого, ач	51	34	34	1	60
	Из них ач на контроль	0	0	0	0	35
	Общая трудоемкость освоения, ач/зе	180/5				

#### 4.1.2 Содержание

№ п/п	Наименование темы дисциплины	Содержание
1	Введение	Структура и содержание дисциплины. Вклад отечественных ученых в развитие материаловедения. Значение электротехнических материалов в электротехнике. Современное состояние конструкционного материаловедения. Классификация материалов по агрегатному состоянию, внутреннему строению, химическому составу, электрофизическим и магнитным свойствам и функциональному назначению. Природные, искусственные и синтетические материалы.
2	Тема 1. Основные сведения о строении материалов	Особенности строения твердых тел. Виды химической связи. Влияние типа связи на структуру и свойства материалов. Монокристаллы, анизотропия их свойств. Элементы структурной кристаллографии. Дефекты кристаллической структуры. Поликристаллы, аморфные и стеклообразные вещества. Полимеры. Твердые растворы и многофазные материалы. Элементы зонной теории твердых тел.

№ п/п	Наименование темы дисциплины	Содержание
3	Тема 2. Проводниковые материалы	<p>Физическая природа электропроводности металлов. Температурная зависимость удельного сопротивления металлов. Влияние примесей на электропроводность металлов. Электрические свойства металлических сплавов. Сопротивление проводников на высоких частотах. Сопротивление тонких металлических пленок. Контактная разность потенциалов и термо-э.д.с. в проводниках. Термопары. Тепловые свойства металлов.</p> <p>Классификация и основные свойства проводниковых материалов. Металлы высокой проводимости (медь, алюминий), их основные свойства и области применения. Сверхпроводники, основные характеристики и техническое применение. Сплавы высокого сопротивления (манганин, константан, нихром). Металлы специального назначения. Припои (мягкие и твердые). Материалы для подвижных контактов. Неметаллические проводниковые материалы.</p>
4	Тема 3. Полупроводниковые материалы	<p>Собственные и примесные полупроводники. Температурная зависимость концентрации носителей заряда. Механизмы рассеяния носителей заряда в полупроводниках. Влияние температуры на удельную проводимость. Фотопроводимость полупроводников. Контактные явления.</p> <p>Классификация полупроводниковых материалов. Методы получения сверхчистых полупроводников. Германий и кремний, основные свойства и области применения. Полупроводниковые химические соединения и твердые растворы на их основе, свойства и применение.</p>
5	Тема 4. Диэлектрические материалы	<p>Поляризация диэлектриков. Электропроводность диэлектриков. Потери энергии в диэлектриках. Виды пробоя диэлектриков. Классификация диэлектрических материалов по физико-химическим свойствам и функциональному назначению. Электроизоляционные материалы (полимеры, резины, пластмассы, пропиточные лаки, компаунды). Классы нагревостойкости электроизоляционных материалов. Электротехническая керамика. Неорганические стекла. Сегнетоэлектрики. Жидкие кристаллы.</p>



№ п/п	Наименование темы дисциплины	Содержание
6	Тема 5. Магнитные материалы	Классификация материалов по магнитным свойствам. Намагничивание ферромагнетиков. Магнитные потери. Влияние температуры и частоты на свойства магнитных материалов. Классификация магнитных материалов по свойствам и техническому применению. Магнитомягкие материалы для постоянных и низкочастотных полей (электротехническая сталь, пермаллой). Высокочастотные магнитомягкие материалы (ферриты, магнитодиэлектрики). Магнитотвердые материалы, свойства и особенности применения. Постоянные магниты. Материалы для записи и хранения информации.
7	Тема 6. Конструкционные материалы	Механические свойства материалов. Процесс кристаллизации и фазовые превращения в сплавах. Основные типы диаграмм состояния двойных сплавов. Способы упрочнения металлов и сплавов. Сплавы на основе меди. Латунь, бронзы, свойства и применение. Сплавы на основе алюминия. Дуралюмины. Силумины. Неметаллические конструкционные материалы. Композиционные материалы на металлической и неметаллической основе.
8	Заключение	Тенденции и направления развития современного электротехнического и конструкционного материаловедения.

## 4.2 Перечень лабораторных работ

Наименование лабораторной работы	Количество ауд. часов
1. Исследование электрических свойств проводниковых материалов	8
2. Исследование электрических свойств полупроводниковых материалов	10
3. Исследование свойств конденсаторных материалов	4
4. Исследование свойств сегнетоэлектрических материалов	4
5. Исследование свойств металлических ферромагнитных материалов	8
Итого	34

## 4.3 Перечень практических занятий

Наименование практических занятий	Количество ауд. часов
1. Геометрия кристаллических решеток.	8
2. Изучение диаграмм равновесного состояния.	10

<b>Наименование практических занятий</b>	<b>Количество ауд. часов</b>
3. Задачи на использование диаграмм равновесного состояния при фазовом и структурном анализе.	10
4. Микроструктуры термически обработанной и цементированной стали.	6
Итого	34

#### **4.4 Курсовое проектирование**

Курсовая работа (проект) не предусмотрены.

#### **4.5 Реферат**

Реферат не предусмотрен.

#### **4.6 Индивидуальное домашнее задание**

Индивидуальное домашнее задание не предусмотрено.

#### **4.7 Доклад**

Доклад не предусмотрен.

#### **4.8 Кейс**

Кейс не предусмотрен.

#### **4.9 Организация и учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы**

Изучение дисциплины сопровождается самостоятельной работой студентов с рекомендованными преподавателем литературными источниками и информационными ресурсами сети Интернет.

Планирование времени для изучения дисциплины осуществляется на весь период обучения, предусматривая при этом регулярное повторение пройденно-

го материала. Обучающимся, в рамках внеаудиторной самостоятельной работы, необходимо регулярно дополнять сведениями из литературных источников материал, законспектированный на лекциях. При этом на основе изучения рекомендованной литературы целесообразно составить конспект основных положений, терминов и определений, необходимых для освоения разделов учебной дисциплины.

Особое место уделяется консультированию, как одной из форм обучения и контроля самостоятельной работы. Консультирование предполагает особым образом организованное взаимодействие между преподавателем и студентами, при этом предполагается, что консультант либо знает готовое решение, которое он может предписать консультируемому, либо он владеет способами деятельности, которые указывают путь решения проблемы.

<b>Текущая СРС</b>	<b>Примерная трудоемкость, ач</b>
Работа с лекционным материалом, с учебной литературой	20
Опережающая самостоятельная работа (изучение нового материала до его изложения на занятиях)	10
Самостоятельное изучение разделов дисциплины	0
Выполнение домашних заданий, домашних контрольных работ	0
Подготовка к лабораторным работам, к практическим и семинарским занятиям	12
Подготовка к контрольным работам, коллоквиумам	4
Выполнение расчетно-графических работ	0
Выполнение курсового проекта или курсовой работы	0
Поиск, изучение и презентация информации по заданной проблеме, анализ научных публикаций по заданной теме	0
Работа над междисциплинарным проектом	0
Анализ данных по заданной теме, выполнение расчетов, составление схем и моделей, на основе собранных данных	6
Подготовка к зачету, дифференцированному зачету, экзамену	8
<b>ИТОГО СРС</b>	<b>60</b>

## 5 Учебно-методическое обеспечение дисциплины

### 5.1 Перечень основной и дополнительной литературы, необходимой для освоения дисциплины

№ п/п	Название, библиографическое описание	К-во экз. в библ.
Основная литература		
1	Погодин, Алексей Андреевич. Электроника [Электронный ресурс] : учеб. пособие / А. А. Погодин, 2014. -1 эл. опт. диск (CD-ROM)	неогр.
2	Погодин, Алексей Андреевич. Электроника [Электронный ресурс] : учеб. пособие / А.А. Погодин, 2009. -1 эл. опт. диск (CD-ROM)	неогр.
3	Браммер, Юрий Александрович. Импульсные и цифровые устройства [Текст] : Учеб. для сред. спец. электрорадиоприборостроит. учеб. заведений / Ю.А. Браммер, И.Н. Пашук, 2003. -351 с.	50
4	Электроника [Электронный ресурс] : метод. указ. к лаб. работам / Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет им. В.И. Ульянова (Ленина) ”ЛЭТИ”, 2012. -1 эл. опт. диск (CD-ROM)	неогр.
Дополнительная литература		
1	Бескид, Павел Павлович. Электроника [Текст] : Учеб. пособие / П.П.Бескид, А.А.Погодин, Ю.Л.Филимонов, 1998. -157 с.	108
2	Гусев, Владимир Георгиевич. Электроника [Текст] : учеб. пособие для приборостроит. специальностей вузов / В.Г. Гусев, Ю.М. Гусев, 1982. - 495 с.	58

### 5.2 Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», используемых при освоении дисциплины

№ п/п	Электронный адрес
1	<a href="http://www.materialscience.ru">http://www.materialscience.ru</a>
2	<a href="http://metall-2006.narod.ru/metall_slaid_lekcia.html">http://metall-2006.narod.ru/metall_slaid_lekcia.html</a>
3	<a href="http://materialscience.ru/lectures/lectures_materialoved.htm">http://materialscience.ru/lectures/lectures_materialoved.htm</a>
4	Сорокин, В.С. Материалы и элементы электронной техники. Проводники, полупроводники, диэлектрики. [Электронный ресурс] / В.С. Сорокин, Б.Л. Антипов, Н.П. Лазарева. — Электрон, дан. — СПб. : Лань, 2015. — 448 с. — Режим доступа: <a href="http://e.lanbook.com/book/67462">http://e.lanbook.com/book/67462</a>
5	Пасынков, В.В. Полупроводниковые приборы. [Электронный ресурс] / В.В. Пасынков, Л.К. Чиркин. — Электрон, дан. — СПб. : Лань, 2009. — 480 с. — Режим доступа: <a href="http://e.lanbook.com/book/300">http://e.lanbook.com/book/300</a> — Загл. с экрана

## 6 Критерии оценивания и оценочные материалы

### 6.1 Критерии оценивания

Для дисциплины «Электротехническое материаловедение» формой промежуточной аттестации является экзамен.

#### Экзамен

<b>Оценка</b>	<b>Описание</b>
Неудовлетворительно	Курс не освоен. Студент испытывает серьезные трудности при ответе на ключевые вопросы дисциплины
Удовлетворительно	Студент в целом овладел курсом, но некоторые разделы освоены на уровне определений и формулировок теорем
Хорошо	Студент овладел курсом, но в отдельных вопросах испытывает затруднения. Умеет решать задачи
Отлично	Студент демонстрирует полное овладение курсом, способен применять полученные знания при решении конкретных задач.

## Особенности допуска

К экзамену допускаются студенты, защитившие все лабораторные работы, написавшие на положительную оценку контрольную работу и посетившие не менее 80% занятий.

## 6.2 Оценочные материалы для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине

### Примерные вопросы к экзамену

№ п/п	Описание
1	Материалы для производства магнитопроводов, их получение и области применения.
2	Изменение свойств полупроводников с ростом температуры
3	Влияние примесей на свойства полупроводников
4	Магнитные свойства металлов
5	Технологии получения полупроводниковых материалов
6	Технологии термообработки металлов
7	Электроизоляционные материалы
8	Огнеупорные материалы
9	Теплоизоляционные материалы

### Форма билета

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный электротехнический  
университет «ЛЭТИ» имени В.И. Ульянова (Ленина)»

---

### ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 1

Дисциплина Электротехническое материаловедение ФЭА

1. Материалы для производства магнитопроводов, их получение и области применения.
2. Изменение свойств полупроводников с ростом температуры.

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой

С.А.Галунин

**Образцы задач (заданий) для контрольных (проверочных) работ**

Вопросы к коллоквиуму 1:

1. Что определяет температурный коэффициент удельного сопротивления материала?
2. Как изменяются показания термоЭДС металлов при понижении температуры холодного спая?
3. Какую легирующую примесь используют для получения кремния *n*-типа?
4. Что такое точка Кюри?
5. Что соответствует основной кривой намагничивания магнитного материала?

Вопросы к коллоквиуму 2:

1. Что определяет температурный коэффициент линейного расширения материала?
2. Для чего в состав пермаллоев вводится кремний?
3. Какие виды поляризации диэлектриков Вы знаете?
4. Какие потери в диэлектриках становятся преобладающими при высоких температурах?
5. Как изменяется удельное сопротивление металлов при термической закалке?

Пример задачи на практических занятиях

Используя С-образные диаграммы и диаграммы состояния, определить структурный состав стали Ст5 при ее нагреве до 800 градусов и охлаждении со скоростью 100 градусов в сек.



### 6.3 График текущего контроля успеваемости

Неделя	Темы занятий	Вид контроля
1	Тема 3. Полупроводниковые материалы	
2		
3		
4		
5		
6		
7		Коллоквиум
8	Заключение	
9		
10		
11		
12		
13		
14		
15		Коллоквиум

### 6.4 Методика текущего контроля

#### на лекционных занятиях

Текущий контроль включает в себя контроль посещаемости (не менее **80** % занятий), по результатам которого студент получает допуск на экзамен.

#### на лабораторных занятиях

- Порядок выполнения лабораторных работ, подготовки отчетов и их защиты

В процессе обучения по дисциплине «Электротехническое материаловедение» студент обязан выполнить 5 лабораторных работ. Под выполнением лабораторных работ подразумевается подготовка к работе, проведение экспериментальных исследований, подготовка отчета и его защита на коллоквиуме. После выполнения всех лабораторных работ предусматривается проведение коллоквиума на 15 неделе, на котором осуществляется защита лабораторных работ. Выполнение лабораторных работ студентами осуществляется в бригадах (до 3 человек). Оформление отчета студентами осуществляется индивидуально

в соответствии с принятыми в СПбГЭТУ правилами оформления студенческих работ. Отчет оформляется после выполнения экспериментальных исследований и представляется преподавателю на проверку. После проверки отчет либо возвращается (при наличии замечаний) на доработку, либо подписывается к защите.

Защита лабораторных работ проводится в форме коллоквиумов. Лабораторные работы защищаются студентами индивидуально. Студент представляет отчет по лабораторной работе, преподаватель проверяет правильность выполнения работы, задает дополнительные вопросы для проверки самостоятельности выполнения работы и степени понимания (глубины освоения) студентом предмета. Если студент показывает достаточный уровень знаний, работа считается защищенной.

На защите лабораторной работы студент должен показать: понимание методики исследования и знание особенностей её применения, понимание и умение объяснять особенности применяемых методов, возможные области их применения и т.д., умение давать качественную и количественную оценку полученных экспериментальных результатов и прогнозировать реакции исследуемого объекта на различные воздействия, навыки и умения, приобретенные при выполнении лабораторной работы.

Примеры контрольных вопросов приведены в критериях оценивания.

Текущий контроль включает в себя выполнение, сдачу в срок отчетов и их защиту по всем лабораторным работам, по результатам которой студент получает допуск на экзамен.

#### **на практических занятиях**

Текущий контроль включает в себя контроль посещаемости (не менее **80** % занятий), по результатам которого студент получает допуск на экзамен.

На практических занятиях студенты исследуют свойства материалов по табличным и графическим данным.

Каждый студент обязан за семестр решить как минимум одну практическую задачу.

В ходе проведения практических занятий целесообразно привлечение студентов к как можно более активному участию в дискуссиях, решении задач, обсуждениях и т. д. При этом активность студентов также может учитываться преподавателем, как один из способов текущего контроля на практических занятиях.

### **самостоятельной работы студентов**

Контроль самостоятельной работы студентов осуществляется на лекционных, лабораторных и практических занятиях студентов по методикам, описанным выше.

## 7 Описание информационных технологий и материально-технической базы

Тип занятий	Тип помещения	Требования к помещению	Требования к программному обеспечению
Лекция	Лекционная аудитория	Количество посадочных мест – в соответствии с контингентом, рабочее место преподавателя, меловая либо маркерная доска, проектор, компьютер.	1) Windows XP и выше; 2) Microsoft Office 2007 и выше; 3) Adobe Acrobat Reader DC; 4) FastStone Image Viewer; 5) Видеопроигрыватель (Windows Media Player, VLC media player или другой); 6) ZOOM; 7) Skype.
Лабораторные работы	Лаборатория	Количество посадочных мест – в соответствии с контингентом, твердомеры, металлографические микроскопы, мультиметры, измерители RLC, ИК термометр/пирометр, тепловизор.	
Практические занятия	Аудитория	Количество посадочных мест – в соответствии с контингентом, рабочее место преподавателя, меловая либо маркерная доска, проектор, компьютер.	1) Windows XP и выше; 2) Microsoft Office 2007 и выше; 3) Adobe Acrobat Reader DC; 4) FastStone Image Viewer; 5) Видеопроигрыватель (Windows Media Player, VLC media player или другой); 6) ZOOM; 7) Skype.

Самостоятельная работа	Помещение для самостоятельной работы	Оснащено компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду университета.	1) Windows XP и выше; 2) Microsoft Office 2007 и выше; 3) Adobe Acrobat Reader DC; 4) Браузер (Internet explorer 11 и выше, Google Chrome, Opera, Vivaldi или другой)
------------------------	--------------------------------------	--	--

## **8 Адаптация рабочей программы для лиц с ОВЗ**

Адаптированная программа разрабатывается при наличии заявления со стороны обучающегося (родителей, законных представителей) и медицинских показаний (рекомендациями психолого-медико-педагогической комиссии). Для инвалидов адаптированная образовательная программа разрабатывается в соответствии с индивидуальной программой реабилитации.

## ЛИСТ РЕГИСТРАЦИИ ИЗМЕНЕНИЙ

<b>№ п/п</b>	<b>Дата</b>	<b>Изменение</b>	<b>Дата и номер протокола заседания УМК</b>	<b>Автор</b>	<b>Начальник ОМОЛА</b>