

Учреждение образования «Гомельский государственный технический университет имени П.О.Сухого»

УТВЕРЖДАЮ

Первый проректор ГГТУ им. П.О.Сухого

  
О.Д.Асенчик

06.04.2015

Регистрационный № УД-55-07уч.

## КОНСТРУКЦИОННЫЕ И ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ

Учебная программа учреждения высшего образования  
по учебной дисциплине для специальностей:

1-43 01 02 «Электроэнергетические системы и сети»;

1-43 01 03 «Электроснабжение (по отраслям)»

2015

Учебная программа составлена на основе:

– образовательных стандартов специальностей 1-43 01 02 «Электроэнергетические системы и сети», рег. № ОСВО 1-43 01 02-2013 и 1-43 01 03 «Электроснабжение (по отраслям)», рег. № ОСВО 1-43 01 03-2013;

– учебных планов первой ступени высшего образования: специальности 1-43 01 02 «Электроэнергетические системы и сети», рег. № 1-43-1-21/уч. от 17.09.2013; специальности 1-43 01 03 «Электроснабжение (по отраслям)» рег. № 1-43-1-19/уч. от 17.09.2013, рег. № 1-43-1-39/уч. от 20.09.2013, рег. № 1-43-1-22/уч. от 12.02.2014.

#### **СОСТАВИТЕЛИ:**

Д.И. Зализный, доцент кафедры «Электроснабжение», к.т.н., доцент;  
Г.О. Широков, старший преподаватель кафедры «Электроснабжение»

#### **РЕЦЕНЗЕНТ:**

В.Н. Петренко, начальник производственной лаборатории диагностики энергооборудования и качества электроэнергии филиала «Энергонадзор» РУП «Гомельэнерго».

#### **РЕКОМЕНДОВАНА К УТВЕРЖДЕНИЮ:**

Кафедрой «Электроснабжение»

(протокол № 11 от 11.05.2015);

Научно-методическим советом Энергетического факультета учреждения образования «Гомельский государственный технический университет имени П.О. Сухого»

(протокол № 10 от 30.06.2015; рег. № УДэ-05-06/уч.;

Научно-методическим советом заочного факультета учреждения образования «Гомельский государственный технический университет имени П.О. Сухого»

(протокол № 5 от 4.06.2015); рег. № УДэ-05-06-184

Научно-методическим советом учреждения образования «Гомельский государственный технический университет имени П.О. Сухого»

(протокол № 5 от 01.04.2015) рег. № \_\_\_\_\_.

## ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Электротехническое материаловедение – важнейший раздел для специальностей энергетического профиля. Характеристики и области применения оборудования в системах электроснабжения зависят, в основном, от применяемых в нём материалов. Это необходимо учитывать как на стадии проектирования, так и на стадии эксплуатации систем электроснабжения.

Цель изучения дисциплины - научить студентов в процессе проектирования и эксплуатации систем электроснабжения любых классов напряжения осуществлять правильный выбор и грамотное использование электротехнических материалов.

Задачами дисциплины являются:

- изучение физических процессов в электротехнических материалах;
- изучение разновидностей электротехнических материалов;
- изучение характеристик электротехнических материалов;
- изучение особенностей эксплуатации электротехнических материалов.

Учебная дисциплина «Конструкционные и электротехнические материалы» взаимосвязана с такими учебными дисциплинами как «Физика», «Теоретические основы электротехники».

В результате изучения дисциплины студент должен знать:

- основные физические явления в диэлектриках, проводниках, полупроводниках и магнитных материалах;
- разновидности диэлектриков, проводников, полупроводников и магнитных материалов;
- характеристики диэлектриков, проводников, полупроводников и магнитных материалов;
- особенности эксплуатации диэлектриков, проводников, полупроводников и магнитных материалов;

должен уметь:

- проводить испытания электротехнических материалов;
- находить параметры электротехнических материалов в справочной литературе;

должен владеть:

навыками эксплуатации современных измерительных приборов для испытаний электротехнических материалов.

В рамках учебной программы требуются следующие академические, социально-личностные и профессиональные компетенции:

- уметь применять базовые научно-теоретические знания для решения теоретических и практических задач;
- владеть системным и сравнительным анализом;
- владеть исследовательскими навыками;
- уметь работать самостоятельно;
- владеть междисциплинарным подходом при решении проблем;

- иметь навыки, связанные с использованием технических устройств, управлением информацией и работой с компьютером;
- обладать навыками устной и письменной коммуникации;
- уметь учиться, повышать свою квалификацию в течение всей жизни;
- уметь работать в команде;
- пользоваться контрольно-измерительной аппаратурой для контроля правильности и качества монтажных операций;
- подбирать соответствующее оборудование, аппаратуру, приборы и инструменты и использовать их при проведении наладочных работ электротехнического оборудования и систем автоматизации;
- понимать сущность и социальную значимость своей профессии, основные проблемы в конкретной области своей деятельности.

Общее количество часов и количество аудиторных часов, отводимое на изучение учебной дисциплины в соответствии с учебным планом университета по специальности, трудоемкость учебной дисциплины, выраженная в зачетных единицах:

Специальность	Всего часов	Ауд. часов	Зачетных ед.
1-43 01 02, дневная форма	83	48	2
1-43 01 03, дневная форма	88	48	2,5
1-43 01 03, заочная полная форма	176	20	5
1-43 01 03, заочная сокр. форма	176	12	5

Формы получения высшего образования: дневная, заочная, заочная сокращенная.

Распределение аудиторного времени по видам занятий, курсам и семестрам:

Специальности 1-43 01 02, 1-43 01 03, дневная форма

Курс - 3

Семестр - 5

Лекции - 32 часа

Лабораторные занятия - 16 часов

Всего аудиторных - 48 часов

Форма текущей аттестации по учебной дисциплине – зачет в 5 семестре.

Специальность 1-43 01 03, заочная полная форма

Курсы - 3,4

Семестры - 5,6,7

Лекции - 12 часов

Лабораторные занятия - 8 часов

Всего аудиторных - 20 часов

Форма текущей аттестации по учебной дисциплине – зачеты в 6,7 семестрах

Специальность: 1-43 01 03, заочная сокращённая форма

Курс: 2

Семестр: 4,3

Лекции: 6 часов

Лабораторные занятия: 6 часов

Всего аудиторных: 12 часов; *всего 146 ч.*

Форма текущей аттестации по учебной дисциплине:  
зачёт в 4 семестре.

Библиотека ГГТУ им. П.О.Сухого

## СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОГО МАТЕРИАЛА

### Модуль 1. Физические свойства диэлектрических материалов

#### Тема 1.1. Поляризация диэлектриков

Электрический диполь. Виды диполей: жесткие и квазиупругие. Дипольный электрический момент. Поляризация диэлектрика: определение. Представление поляризованного диэлектрика в виде заряженного конденсатора. Относительная диэлектрическая проницаемость: определение и физический смысл. Поляризованность: определение. Абсолютная диэлектрическая проницаемость. Основные типы поляризации диэлектриков: классификация. Время релаксации. Механизмы протекания электронной, ионной, дипольно-релаксационной, электронно-релаксационной, ионно-релаксационной и миграционной поляризаций. Электрическая схема замещения диэлектрика. Сегнетоэлектрики. Поляризация сегнетоэлектрика. Диэлектрический гистерезис.

#### Тема 1.2. Электропроводность диэлектриков

Составляющие тока утечки диэлектрика: ток абсорбции и сквозной ток. Коэффициент абсорбции и способы его измерения. Емкостный метод проверки состояния изоляции. Удельные сопротивления диэлектрика: объемное и поверхностное. Зависимость удельного сопротивления диэлектрика от температуры и влажности окружающей среды. Особенности электропроводности твердых, жидких и газообразных диэлектриков. Диэлектрические потери: определение. Упрощенные схемы замещения диэлектрика. Векторные диаграммы токов и напряжений в диэлектрике. Тангенс угла диэлектрических потерь. Типы диэлектрических потерь: потери, обусловленные поляризацией; потери, обусловленные сквозной электропроводностью; ионизационные потери; потери, обусловленные неоднородностью структуры диэлектрика. Диэлектрические потери в постоянном и переменном электрических полях: особенности возникновения.

#### Тема 1.3. Электрический пробой диэлектриков

Пробой диэлектрика: определение. Пробивное напряжение и электрическая прочность диэлектрика. Виды электрических пробоев твердых диэлектриков: электронный, электротепловой и электрохимический. Механизмы протекания электрических пробоев твердых диэлектриков. Механизмы пробоя жидких диэлектриков. Пробой газообразных диэлектриков: механизмы ионизации, стример. Особенности пробоя в постоянном и переменном, а также однородном и неоднородном электрических полях.

#### Тема 1.4. Физико-химические и тепловые характеристики диэлектриков

Влажностные свойства диэлектриков: гигроскопичность, влагопроницаемость. Методы определения влажности материалов. Процессы сушки диэлектриков. Химические свойства диэлектриков. Стойкость диэлектриков в агрессивных средах. Нагревостойкость диэлектрика. Способы оценки нагревостойкости. Температуры вспышки и воспламенения жидких диэлектриков. Тепловое старение диэлектрика. Закон Аррениуса. Шести и восьмиградусные правила. Классы изоляции по нагревостойкости. Холодостойкость, теплопроводность и удельная теплоемкость диэлектриков.

## Модуль 2. Проводниковые, полупроводниковые и магнитные материалы

### Тема 2.1. Проводниковые и сверхпроводниковые материалы

Дифференциальная форма закона Ома. Теплопроводность металлов. Закон Фурье. Зависимость сопротивления проводника от температуры. Температурный коэффициент удельного сопротивления. Явление скин – эффекта. Явление термоЭДС. Законы Вольты. Материалы высокой проводимости: медь, алюминий и железо (сталь). Сравнительная характеристика меди, алюминия и железа. Физика процессов контакта медь – алюминий. Сплавы меди и алюминия. Характеристики и области применения стальных проводников. Вольфрам: характеристики и области применения. Характеристики и области применения металлов и сплавов высокого сопротивления. Явление сверхпроводимости. Условия сверхпроводящего перехода. Сверхпроводники первого и второго рода. Криопроводники: основные свойства. Перспективы применения сверхпроводниковых материалов в электротехнике: сверхпроводниковые линии электропередачи, трансформаторы, генераторы, магниты.

### Тема 2.2. Полупроводниковые материалы

Полупроводники электронной и дырочной электропроводности. Собственные и примесные полупроводники, доноры и акцепторы. Зависимость сопротивления полупроводника от температуры и внешнего излучения. Термисторы. Эффекты Холла и Пельтье. Применение полупроводников в электронике, р-п переход. Применение полупроводников для ограничителей перенапряжений.

### Тема 2.3. Магнитные материалы

Классификация магнитных материалов. Основные характеристики магнитных материалов. Диамагнетики и парамагнетики. Строение ферромагнитных материалов. Магнитные домены. Протекание процессов намагничивания ферромагнитного материала. Магнитный гистерезис. Относительная магнитная проницаемость. Зависимость магнитной проницаемости от температуры. Тепловые потери энергии ферромагнетика. Магнитомягкие материалы: железо, электротехническая сталь, пермаллой, альсиферы, ферриты. Магнитотвердые материалы. Области применения магнитных материалов в электротехнике.

## Модуль 3. Электроизоляционные материалы

### Тема 3.1. Твёрдые полимерные электроизоляционные материалы

Органические полимеры: типы и основные характеристики. Термопластичные и терморезистивные материалы. Пластические массы: получение, характеристики. Пластические массы на основе поливинилхлорида, полиэтилена, фторопласта, и других полимеров. Особенности получения и характеристики сшитого полиэтилена. Волокнистые электроизоляционные материалы: типы и основные характеристики. Свойства и области применения в энергетике дерева, бумаги, электрокартона, фибры. Области применения изоляционных материалов из лакотканей. Слоистые пластики: гетинакс, текстолит и стеклотекстолит. Электротехнические резины: классификация, получение, основные характеристики, области применения.

### Тема 3.2. Твёрдые неорганические электроизоляционные материалы

Электротехнические стёкла: классификация, основные характеристики и области применения. Электрокерамика: свойства и методы изготовления фарфоровых изоляторов. Слюда и слюдяные материалы: классификация, основные характеристики и области применения. Асбест и асбестовые материалы.

#### Тема 3.3. Жидкие электроизоляционные материалы

Нефтяные электроизоляционные масла: классификация, получение, эксплуатация, сушка, очистка, регенерация. Электроизоляционные лаки, эмали, компаунды. Области применения жидких электроизоляционных материалов.

#### Тема 3.4. Газообразные электроизоляционные материалы

Сравнительная характеристика газообразных электроизоляционных материалов: воздуха, азота, кислорода, водорода, угольного ангидрида, метана, элегаза, гелия, неона. Области применения газообразных электроизоляционных материалов.



**УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКАЯ КАРТА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**  
**для специальностей 1-43 01 02 и 1-43 01 03**  
**(Дневная форма получения образования)**

Номер раздела, темы	Название раздела, темы	Количество аудиторных часов					Количество часов УСР*	Форма контроля знаний
		Лекции	Практические занятия	Семинарские занятия	Лабораторные занятия	Иное		
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1.	Физические свойства диэлектрических материалов							зачёт
1.1.	Поляризация диэлектриков	4			2			тест
1.2.	Электропроводность диэлектриков	4			2			тест
1.3.	Электрический пробой диэлектриков	4			2			тест
1.4.	Физико-химические и тепловые характеристики диэлектриков	2			2			тест
2.	Проводниковые, полупроводниковые и магнитные материалы				2			зачёт
2.1.	Проводниковые и сверхпроводниковые материалы	4						тест
2.2.	Полупроводниковые материалы	2						тест
2.3.	Магнитные материалы	4						тест
3.	Электроизоляционные материалы							зачёт
3.1.	Твёрдые полимерные электроизоляционные материалы	2			4			тест
3.2.	Твёрдые неорганические электроизоляционные материалы	2			2			тест
3.3.	Жидкие электроизоляционные материалы	2			2			тест
3.4.	Газообразные электроизоляционные материалы	2			1			тест
	Итого	32 ✓			16 ✓			

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКАЯ КАРТА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ  
(Заочная форма получения образования: сокращённая / полная)

Номер раздела, темы	Название раздела, темы	Количество аудиторных часов					Количество часов УСР*	Форма контроля знаний
		Лекции	Практические занятия	Семинарские занятия	Лабораторные занятия	Иное		
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1.	Физические свойства диэлектрических материалов							зачёт
1.1.	Поляризация диэлектриков	0,5/1,5			2/2			тест
1.2.	Электропроводность диэлектриков	1/1,5			2/2			тест
1.3.	Электрический пробой диэлектриков	0,5/1			2/2			тест
1.4.	Физико-химические и тепловые характеристики диэлектриков	0,5/1			0/2			тест
2.	Проводниковые, полупроводниковые и магнитные материалы							зачёт
2.1.	Проводниковые и сверхпроводниковые материалы	0,5/1						тест
2.2.	Полупроводниковые материалы	0,5/1						тест
2.3.	Магнитные материалы	0,5/1						тест
3.	Электроизоляционные материалы							зачёт
3.1.	Твёрдые полимерные электроизоляционные материалы	0,5/1						тест
3.2.	Твёрдые неорганические электроизоляционные материалы	0,5/1						тест
3.3.	Жидкие электроизоляционные материалы	0,5/1						тест
3.4.	Газообразные электроизоляционные материалы	0,5/1						тест
	Итого	√ 6/12 √			√ 6/8 √			

## ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

## Основная литература

1. Богородицкий, Н. П. Электротехнические материалы / Н. П. Богородицкий, В. В. Пасынков, Б. М. Тареев. - 7-е изд.. - Ленинград : Энергоатомиздат, 1985. - 304 с.
2. Электротехнические материалы : справочник / В. Б. Березин [и др.]. - 3-е изд.. - Москва : Энергоатомиздат, 1983. - 504 с.
3. Алиев, И. И. Электротехнические материалы и изделия : справочник / И. И. Алиев. - Изд. 2-е, испр.. - Москва : РадиоСофт, 2007. - 330 с.

## Дополнительная литература

4. Пасынков, В. В. Материалы электронной техники / В. В. Пасынков, В. С. Сорокин. - Изд. 6-е. - Санкт-Петербург : Лань, 2004. - 367 с.
5. Электротехнические и конструкционные материалы / В. Н. Бородулин [и др.]; под общ. ред. В. А. Филикова. - 2-е изд.. - Москва : Академия, 2005.
6. Мишин, Д. Д. Магнитные материалы : учеб. пособие для физ. и физ.-техн. спец. вузов. - 2-е изд., перераб. и доп.. - Москва : Высшая школа, 1991. - 383 с.
7. Конструкционные и электротехнические материалы / В. Н. Бородулин [и др.]; под ред. В. А. Филикова. - Москва : Высшая школа, 1990. - 295 с.
8. Преображенский, А. А. Магнитные материалы и элементы / А. А. Преображенский, Е. Г. Бишард. - 3-е изд.. - Москва : Высшая школа, 1986. - 352 с.

## Электронные учебно-методические комплексы

1. Зализный, Д. И. Конструкционные и электротехнические материалы : электронный учебно-методический комплекс дисциплин / Д. И. Зализный, Г. О. Широков ; кафедра "Электроснабжение". - Гомель : ГГТУ им. П. О. Сухого, 2013, <http://eliv.gstu.by/handle/220612/2403>.
2. Электротехнические и конструкционные материалы : учебно-методический комплекс / [сост.: Ю. Н. Селюк, И. В. Довнар]. - Минск : БГАТУ, 2008. - 243 с.

*Список литературы сверен с Методикой А.С.*

## Примерный перечень лабораторных занятий

1. Исследование токов утечки диэлектриков.
2. Исследование электрической прочности воздуха в переменном электрическом поле.
3. Исследование электрической прочности воздуха в постоянном электрическом поле.
4. Исследование электрической прочности твёрдых диэлектриков.
5. Определение электрической прочности трансформаторного масла.
6. Определение диэлектрических параметров трансформаторного масла.
7. Исследование тепловых характеристик электротехнических материалов.

## ПРОТОКОЛ СОГЛАСОВАНИЯ УЧЕБНОЙ ПРОГРАММЫ

Название учебной дисциплины, с которой требуется согласование	Название кафедры	Предложения об изменениях в содержании учебной программы учреждения высшего образования по учебной дисциплине	Решение, принятое кафедрой, разработавшей учебную программу (с указанием даты и номера протокола)
1. Физика	Физика	Нет	Принять, Протокол № 11 от 11.05.2015
2. Теоретические основы электротехники	Теоретические основы электротехники	Нет	Принять, Протокол № 11 от 11.05.2015