

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования
«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

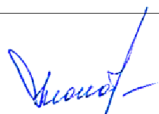
УТВЕРЖДАЮ
Директор ИШЭ
 Матвеев А.С.
«29» июня 2020 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
ПРИЕМ 2020 г.
ФОРМА ОБУЧЕНИЯ очная

Перспективные материалы и технологии в электроизоляционной и кабельной технике

Направление подготовки/ специальность	13.04.02 Электроэнергетика и электротехника		
Образовательная программа (направленность (профиль))	Электроизоляционные системы, высоковольтная и кабельная техника		
Специализация	Высоковольтная техника электроэнергетических систем		
Уровень образования	высшее образование - магистратура		
Курс	2	семестр	3
Трудоемкость в кредитах (зачетных единицах)	3		
Виды учебной деятельности	Временной ресурс		
Контактная (аудиторная) работа, ч	Лекции	16	
	Практические занятия	16	
	Лабораторные занятия	16	
	ВСЕГО	48	
Самостоятельная работа, ч		60	
ИТОГО, ч		108	

Вид промежуточной аттестации	Зачет	Обеспечивающее подразделение	ОЭЭ ИШЭ
------------------------------	--------------	------------------------------	----------------

И.о. заведующего кафедрой - руководителя отделения на правах кафедры ОЭЭ		Ивашутенко А.С.
Руководитель ООП		Юшков А.Ю.
Преподаватель	 	Леонов А.П.
		Никитин Д.С.

2020 г.

1. Цели освоения дисциплины

Целями освоения дисциплины является формирование у обучающихся определенного ООП (п. 5.4 Общей характеристики ООП) состава компетенций для подготовки к профессиональной деятельности.

Код компетенции	Наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенций		Составляющие результатов освоения (дескрипторы компетенции)	
		Код индикатора	Наименование индикатора достижения	Код	Наименование
ОПК(У)-1	Способен формулировать цели и задачи исследования, выявлять приоритеты решения задач, выбирать критерии оценки	И.ОПК(У)-1.1	Формулирует цели и задачи исследования	И.ОПК(У)-2.1У1	Умеет анализировать состояние научно-технической проблемы в области электроизоляционной, кабельной и высоковольтной техники, определять цель исследования, методы и средства ее реализации
				И.ОПК(У)-2.131	Знает основные научные направления развития науки и техники в области электроизоляционной, кабельной и высоковольтной техники
ПК(У)-1	Способен применять полученные знания о физико-химических свойствах и процессах в диэлектрических материалах при разработке и эксплуатации электротехнических изделий	И.ПК(У)-1.1	Демонстрирует понимание физических процессов в диэлектриках с учетом воздействующих факторов, а также основы технологии переработки полимерных электроизоляционных материалов	ПК(У)-1.131	Знает номенклатуру и свойства электротехнических материалов, физические состояния полимеров и сущность явлений и процессов в диэлектриках, основы технологии переработки пластмасс и резин

2. Место дисциплины (модуля) в структуре ООП

Дисциплина относится к базовой части Блока 1 учебного плана образовательной программы.

3. Планируемые результаты обучения по дисциплине

После успешного освоения дисциплины будут сформированы результаты обучения:

Планируемые результаты обучения по дисциплине		Индикатор достижения компетенции
Код	Наименование	
РД 1	Анализировать состояние научно-технической проблемы в области материалов для электроизоляционной, кабельной и высоковольтной техники	И.ОПК(У)-1.1
РД 2	Уметь производить выбор и применять электротехнические материалы при разработке и эксплуатации изделий электроизоляционной, кабельной и высоковольтной техники и корректных методов их исследования	И.ПК(У)-1.1
РД 3	Владеть навыками использования теоретических знаний при выборе требуемых для конкретного применения в электротехнике и электроэнергетике электротехнических материалов;	И.ПК(У)-1.1

Оценочные мероприятия текущего контроля и промежуточной аттестации представлены в календарном рейтинг-плане дисциплины.

4. Структура и содержание дисциплины

Основные виды учебной деятельности

Разделы дисциплины	Формируемый результат обучения по дисциплине	Виды учебной деятельности	Объем времени, ч.
Раздел 1. Свойства и применение современных проводниковых материалов	РД 1- РД 3,	Лекции	4
		Практические занятия	2
		Лабораторные занятия	0
		Самостоятельная работа	6
Раздел 2. Современные электроизоляционные материалы и их применение	РД 1-РД 3	Лекции	6
		Практические занятия	8
		Лабораторные занятия	0
		Самостоятельная работа	14
Раздел 3. Технологии получения и производства перспективных керамических и наноструктурированных материалов	РД 1-РД 3	Лекции	4
		Практические занятия	2
		Лабораторные занятия	8
		Самостоятельная работа	20
Раздел 4. Современные методы исследования состава и структуры электротехнических материалов	РД 1, РД 2,	Лекции	2
		Практические занятия	4
		Лабораторные занятия	8
		Самостоятельная работа	20

Содержание разделов дисциплины:

Раздел 1. Свойства и применение современных проводниковых материалов

Введение, цель и задачи дисциплины. Место и роль электротехнических материалов в электротехнике и энергетике. Проводниковые материалы, свойства и область применения (металлы и сплавы, биметаллические токопроводящие жилы, термостойкие сплавы на основе алюминия). Современное состояние и перспективы применения сверхпроводимости в обмотках электрических машин и кабельной технике.

Темы лекций:

1. Общая характеристика номенклатуры, свойств и специфики применения проводниковых материалов.
2. Современное состояние и перспективы применения сверхпроводимости в обмотках электрических машин и кабельной технике.

Темы практических занятий:

1. Анализ эксплуатационных свойств проводниковых материалов.

Раздел 2. Современные электроизоляционные материалы и их применение

Обзор номенклатуры и свойств полимерных электроизоляционных материалов. Полиэтилен низкого и высокого давления; сверхвысокомолекулярный полиэтилен (СВМПЭ): структура, свойства. Технологии сшивки полиэтилена: пероксидная, силановая, радиационная. Преимущества кабелей с изоляцией из сшитого полиэтилена. ПВХ пластикаты, применяемые в кабельном производстве: состав, свойства, номенклатура, производители. Классификация полиимидов. Структура и свойства полиимидов: термическая и химическая устойчивость, тепловое старение, термостойкость, радиационная стойкость, оптические и электрические свойства. Применение полиимидных материалов в электроизоляционной и кабельной технике: пленки, пластмассы, лаки, клей, волокна. Классификация и структура термоэластопластов (ТЭП), технология термического сшивания, электрические и механические свойства, старение, переработка, новые типы ТЭП: олефиновые, полиуретановые, полиэфирные. Перспективы использования ТЭП в ЭИКТ. Пористые материалы с низким значением диэлектри-

ческих потерь и электропроводности. Получение вспененных электроизоляционных материалов: физическое и химическое. Вспененный полиэтилен: электрические и механические свойства, использование на СВЧ и в LAN-кабелях. Фторполимеры: номенклатура, свойства, особенности технологии производства и применения в качестве электрической изоляции.

Темы лекций:

1. Полимерные материалы для изоляции кабелей: полиэтилен, ПВХ-пластикаты.
2. Высоконагревостойкие фторполимеры и полиамиды. ТЭП.
3. Технологии получения вспененной изоляции.

Темы практических занятий:

1. Анализ эффективности использования биметаллических токопроводящих жил в силовых кабелях.
2. Анализ технологический сшивки полиэтилена.
3. Анализ электрофизических свойств фторполимеров и ТЭП.
4. Анализ технологий применения полиимидов, фторполимеров и ТЭП в изоляции кабелей и проводов.

Раздел 3. Технологии получения и производства перспективных керамических и наноструктурированных материалов
--

Понятие функциональных и конструкционных материалов. Место электротехнических материалов в науке и технике. Понятие керамики и композита. Структура и свойства керамики. Классификация керамических материалов. Основные электротехнические керамические материалы. Электротехнический фарфор. Оксидная, в том числе корундовая, электротехническая керамика. Конденсаторные керамические материалы. Ферритная керамика. Силицидная керамика. Высокотемпературные сверхпроводники. Иные виды керамики для использования в энергетике (тугоплавкая, огнеупорная, нейтронопоглощающая, силикатная и пр. керамика). Методы компактирования и консолидации керамических, в том числе наноструктурных, материалов и изделий. Порошковые технологии компактирования материалов. Холодное и горячее статическое прессование. Динамические, высокоэнергетические и импульсные методы прессования. Искровое плазменное спекание. Характеристики процесса компактирования порошков. Кривые уплотнения и упругие свойства порошкового тела. Основные физические свойства керамических материалов и методы их измерения. Электрические свойства материалов и методы их исследования. Понятие нанотехнологий и наноматериалов. Факторы, определяющие функциональные свойства наноструктурированных материалов. Виды дефектов. Закон Холла-Петча. Условия формирования наноструктуры материала. Функциональные наноматериалы. Основные принципы получения функциональных наноматериалов. Применение функциональных наноматериалов в электротехнике. Наноэлектроника и наноинженерия. Применение наноматериалов в возобновляемой энергетике и технологиях получения водорода. Полупроводниковые гетероструктуры.

Темы лекций:

1. Перспективные керамические и наноструктурированные материалы в электроизоляционной и кабельной технике.
2. Технологии получения и обработки перспективных электротехнических материалов.

Темы практических занятий:

1. Расчет основных физических свойств и эксплуатационных характеристик перспективных электротехнических материалов.

Названия лабораторных работ:

1. Исследование методов получения и обработки перспективных электротехнических материалов.
2. Изучение основных физических свойств и эксплуатационных характеристик пер-

Раздел 4. Современные методы исследования состава и структуры электротехнических материалов

Разнообразие современных методов исследования состава и структуры электротехнических материалов. Цели и задачи методов. Понятия фазового и элементного состава вещества, структуры материала. Понятие твердого тела и кристаллического строения вещества. Основные понятия кристаллографии (симметрия, сингония, простая форма, точечная и пространственная группа, решетка Бравэ, полиморфизм). Методы изучения структуры материалов. Сканирующая электронная микроскопия. Физические основы и особенности сканирующей электронной микроскопии. Типы излучения, возникающие при взаимодействии электронного пучка с веществом. Упругие и неупругие электроны. Вторичные и отраженные электроны. Характеристическое рентгеновское излучение и энергодисперсионный анализ. Глубина проникновения заряда. Примеры использования микроскопии в науке и технике. Методы исследования химического состава. Значение рентгеновского излучения в изучении вещества. Опыты Лауэ и Брэггов. Дифракция рентгеновского излучения. Формула Вульфа-Брэггов. Тормозное и характеристическое рентгеновское излучение. Устройство рентгеновской трубки. Электронные переходы при возникновении рентгеновского излучения. Поглощение рентгеновского излучения. Рентгеноструктурный (рентгенофазовый) анализ. Рентгеновские дифрактометры. Применение монохроматоров. Методика подготовки образцов для аналитических исследований. Специальное программное обеспечение для проведения и интерпретации результатов аналитических исследований. Базы данных дифрактограмм.

Темы лекций:

1. Технологии исследования состава и структуры перспективных электротехнических материалов.

Темы практических занятий:

1. Применение современных аналитических методов для определения структуры перспективных электротехнических материалов.
2. Применение современных аналитических методов для определения состава перспективных электротехнических материалов.

Названия лабораторных работ:

1. Исследование состава перспективных электротехнических материалов с помощью метода рентгеновской дифрактометрии.
2. Изучение структуры перспективных электротехнических материалов с помощью сканирующей электронной микроскопии.

5. Организация самостоятельной работы студентов

Самостоятельная работа студентов при изучении дисциплины (модуля) предусмотрена в следующих видах и формах:

- Работа с лекционным материалом, поиск и обзор литературы и электронных источников информации по индивидуально заданной проблеме курса;
- Изучение тем, вынесенных на самостоятельную проработку;
- Поиск, анализ, структурирование и презентация информации;
- Подготовка к лабораторным работам, к практическим и семинарским занятиям;
- Подготовка к контрольным работам, экзамену.

6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

6.1. Учебно-методическое обеспечение

Основная литература:

1. Толкачева, А. С. Технология керамики для материалов электронной промышленности : учеб. пособие. В 2 ч. Ч. 1 [Электронный ресурс] / А.С. Толкачева, И.А. Павлова. – Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 2019. – 124 с. – ISBN 978-5-7996-2683-9 (ч. 1). – Схема доступа: https://elar.urfu.ru/bitstream/10995/75928/1/978-5-7996-2683-9_2019.pdf (дата обращения 21.03.2019)
2. Салахов, А. М. Современные керамические материалы. – Казань: КФУ, 2016. – 410 с. – Схема доступа: https://kpfu.ru/portal/docs/F122506552/Salahov_sovremennye_keramicheskie_materialy_600dpi.pdf (дата обращения 21.03.2019)
Хасанов, О. Л. Методы компактирования и консолидации наноструктурных материалов и изделий : учебное пособие [Электронный ресурс] / Хасанов О. Л., Двилис Э. С., Бикбаева З. Г., Качаев А. А. – 3-е изд. – Москва: Лаборатория знаний, 2020. – 272 с. – Допущено Учебно-методическим объединением высших учебных заведений РФ по образованию в области материаловедения, технологии материалов и покрытий в качестве учебного пособия для студентов высших учебных заведений, обучающихся по направлению подготовки бакалавров и магистров 150100 «Материаловедение и технологии материалов». – Книга из коллекции Лаборатория знаний – Нанотехнологии. – ISBN 978-5-00101-716-5. – Схема доступа: <https://e.lanbook.com/book/135502> (дата обращения 21.03.2019)
Толкачева, А. С. Общие вопросы технологии тонкой керамики: учеб. пособие / А.С. Толкачева, И.А. Павлова. – Екатеринбург : Изд-во Урал. ун-та, 2018. – 184 с. – ISBN 978-5-7996-2393-7 – Схема доступа: https://elar.urfu.ru/bitstream/10995/60942/1/978-5-7996-2393-7_2018.pdf (дата обращения 21.03.2019)
3. Звонарев, С. В. Функциональные и конструкционные наноматериалы : учебно-методическое пособие / С.В. Звонарев. – Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 2018. – 132 с. – ISBN 978-5-7996-2474-3 – Схема доступа: https://elar.urfu.ru/bitstream/10995/62825/1/978-5-7996-2474-3_2018.pdf (дата обращения 21.03.2019)

Дополнительная литература

1. Павлов, П. В. Физика твердого тела: учебник / П. В. Павлов, А. Ф. Хохлов. – 4-е изд. – Москва: ЛЕНАНД, 2015. – 494 с.: ил. – ISBN 978-5-9710-1475-1. – ISBN 978-5-9710-1474-4.
Байков, Ю. А. Физика конденсированного состояния: учебное пособие [Электронный ресурс] / Байков Ю. А., Кузнецов В. М. – 4-е изд. – Москва: Лаборатория знаний, 2020. – 296 с. – Допущено Научно-методическим Советом по физике Министерства образования и науки Российской Федерации в качестве учебного пособия для студентов высших учебных заведений, обучающихся по техническим направлениям подготовки и специальностям. – Книга из коллекции Лаборатория знаний – Физика. – ISBN 978-5-00101-825-4. – Схема доступа: <https://e.lanbook.com/book/151595> (дата обращения 21.03.2019)
Власов, А. И. Учебно-методический комплекс по тематическому направлению деятельности ННС «Наноинженерия»: учебное пособие: в 17 книгах / А. И. Власов, К. А. Елсуков, И. А. Косолапов; под редакцией В. А. Шахнова. – Москва: МГТУ им. Н.Э. Баумана, [б. г.]. – Книга 11: Электронная микроскопия – 2011. – 168 с. – ISBN 978-5-7038-3502-9. – Режим доступа:

<https://e.lanbook.com/book/106504> (дата обращения 21.03.2019)

Бояркина, О. В. Физические методы исследования твердых тел: электронная микроскопия и рентгеноструктурный анализ: учеб. пособие / О. В. Бояркина, М. И. Зотов, В. М. Кяшкин [и др.]. – Саранск: Изд-во Мордов. ун-та, 2012. – 96 с. – ISBN 978-5-7103-2587-2. – Режим доступа: http://phys-chem.mrsu.ru/wp-content/uploads/2017/11/EM_RSA.pdf (дата обращения 21.03.2019)

2. Удалов, Ю.П. Технология неорганических порошковых материалов и покрытий функционального назначения: учеб. пособие / Ю. П. Удалов, А. М. Германский, В. А. Жабрев [и др.]. – Санкт-Петербург: Янус, 2001. – 401 с. – ISBN 5-9276-0009-3.

Полонянкин, Д. А. Теоретические основы растровой электронной микроскопии и энергодисперсионного анализа наноматериалов: учеб. пособие / [Д. А. Полонянкин и др.]; Минобрнауки России, ОмГТУ. – Омск : Изд-во ОмГТУ, 2019. – 116 с.: ил. – ISBN 978-5-8149-2914-3. – Режим доступа: https://omgtu.ru/scientific_activities/innovative_structure/innovation_center/resursny_y_tsentr_nanotekhnologiy/TBSEMEDAN.pdf (дата обращения 21.03.2019)

3. Гусев, А. И. Нанокристаллические материалы / А. И. Гусев, А. А. Ремпель. – Москва: Физматлит, 2001. – 223 с.: ил. – Библиогр.: с. 193-222. – ISBN 5-9221-0039-4.
4. Векилова Г. В., Дифракционные и микроскопические методы и приборы для анализа наночастиц и наноматериалов [Электронный ресурс]: Учеб. пособие / Г. В. Векилова, А. Н. Иванов, Ю. Д. Ягодкин. – М. : МИСиС, 2009. – 145 с. – ISBN 978-5-87623-228-1.

6.2. Информационное и программное обеспечение

Профессиональные базы данных и информационно-справочные системы доступны по ссылке: <https://www.lib.tpu.ru/html/irs-and-pdb>

Лицензионное программное обеспечение (в соответствии с **Перечнем лицензионного программного обеспечения ТПУ**):

1. Google Chrome;
2. Microsoft Office 2013 Standard Russian Academic.

7. Особые требования к материально-техническому обеспечению дисциплины

В учебном процессе используется следующее лабораторное оборудование для практических и лабораторных занятий:

№	Наименование специальных помещений	Наименование оборудования
1.	Аудитория для проведения учебных занятий всех типов, курсового проектирования, консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации 634034, Томская область, г. Томск, Усова улица, 7, 316	Комплект учебной мебели на 40 посадочных мест Компьютер - 1 шт
2.	Аудитория для проведения учебных занятий всех типов, курсового проектирования, консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации 634034, Томская область, г. Томск, Усова улица, 7, 326	Доска аудиторная настенная - 1 шт.; Комплект учебной мебели на 44 посадочных мест; Компьютер - 1 шт.; Проектор - 1 шт.
3.	Аудитория для проведения учебных занятий всех типов, курсового проектирования, консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации (научная лаборатория) 634034, Томская область, г. Томск, Усова улица, 7, 310	Аппарат испытания диэлектриков цифровой АИД-70Ц - 1 шт.; Измеритель сопротивления жил кабельных изделий КИС с цифровым термометром в лабораторном исполнении - 2 шт.; Универсальная разрывная машина И1158М - 1 шт.; Нож вырубной по ГОСТ-60811-11-11 (75мм) - 1 шт.; Измерительная линейка ИЛ-1 - 1 шт.; Экран Projecta настенный рулонный ProScreen - 1 шт.; Нож вырубной по ГОСТ-60811-11-11 (50мм) - 1 шт.; Комплект учебной мебели на 12 посадочных мест; Шкаф для документов - 2 шт.; Тумба подкатная - 1 шт.; Стол лабораторный - 2 шт.;
4.	Аудитория для проведения учебных занятий всех типов, курсового проектирования, консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации (научная лаборатория) 634034, Томская область, г. Томск, Усова улица, 7, 155А	Комплект учебной мебели на 12 посадочных мест; Шкаф общелабораторный - 5 шт.; Тумба стационарная - 1 шт.; Стол лабораторный - 9 шт.;

Рабочая программа составлена на основе Общей характеристики образовательной программы «Электроизоляционные системы, высоковольтная и кабельная техника» / специализация «Высоковольтная техника электроэнергетических систем» по направлению 13.04.02 «Электроэнергетика и электротехника» (прием 2020 г., очная форма обучения).

Разработчик(и):

Должность	Степень, звание	Ф.И.О.
Доцент ОЭЭ ИШЭ	к.т.н., доцент	Леонов А.П.
Доцент ОЭЭ ИШЭ	к.т.н.	Никитин Д.С.

Программа одобрена на заседании отделения электроэнергетики и электротехники ИШЭ (протокол от 25 июня 2020 г. № 6).

И.о. заведующего кафедрой - руководителя отделения
на правах кафедры ОЭЭ ИШЭ, к.т.н.

 / Ивашутенко А.С./