

ИНСТИТУТ ЯДЕРНОЙ ФИЗИКИ И ТЕХНОЛОГИЙ
КАФЕДРА ФИЗИЧЕСКИХ ПРОБЛЕМ МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЯ

ОДОБРЕНО УМС ТФ НИЯУ МИФИ

Протокол № 6

от 23.12.2022 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ
ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ И СЕТИ

Направление подготовки
(специальность)

[1] 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника

Семестр	Трудоемкость, кред.	Общий объем курса, час.	Лекции, час.	Практич. занятия, час.	Лаборат. работы, час.	В форме практической подготовки/В СРС, час.	КСР, час.	Форма(ы) контроля, экс./зач./КР/КП
6	3	108	30	15	15	12	0	Э
7	4	144	32	16	16	53	0	Э
Итого	7	252	62	31	31	0	65	

АННОТАЦИЯ

Цель освоения дисциплины: изучение электроэнергетических систем и сетей как взаимодействие оборудования, процессов и технологий получения передачи и потребления электрической энергии, методов расчета и анализа режимов работы электроэнергетических систем и сетей в соответствии с основной образовательной программой

Задачи освоения дисциплины:

- изучить типовые электроэнергетических системы, их назначение, разновидности и классификацию, технические характеристики и параметры, особенности применения и эксплуатации.
- изучить типы электрических сетей различного назначения.
- приобрести навыки работы и профессиональные компетенции в названной области

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Цель освоения дисциплины: изучение электроэнергетических систем и сетей как взаимодействие оборудования, процессов и технологий получения передачи и потребления электрической энергии, методов расчета и анализа режимов работы электроэнергетических систем и сетей в соответствии с основной образовательной программой

Задачи освоения дисциплины:

- изучить типовые электроэнергетических системы, их назначение, разновидности и классификацию, технические характеристики и параметры, особенности применения и эксплуатации.
- изучить типы электрических сетей различного назначения.
- приобрести навыки работы и профессиональные компетенции в названной области

2. МЕСТО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО

В соответствии с учебным планом направления Изучение дисциплины «Электроэнергетические системы и сети» базируется на знаниях, умениях и навыках, приобретенных студентами при изучении следующих дисциплин: «Физика», «Теоретические основы электротехники», «Математика», «Информатика», «Химия», «Электротехническое и конструкционное материаловедение», «Инженерная графика», «Основы проектирования электрооборудования».

Знания, полученные по освоению дисциплины, необходимы при осуществлении профессиональной деятельности бакалавра, выполнении выпускной квалификационной работы и изучении основных дисциплин по профилю подготовки: «Релейная защита и автоматизация электроэнергетических систем», «Электрические аппараты», «Электроснабжение», «Надёжность электроснабжения», «Проектирование СЭС промышленных предприятий». При освоении данной дисциплины студент сможет частично продемонстрировать трудовые функции:

- В.6. Разработка отдельных разделов проекта на различных стадиях проектирования системы электроснабжения объектов капитального строительства.

- Е/01.6. Организация и контроль выполнения функций по оперативно-технологическому управлению.

3. ФОРМИРУЕМЫЕ КОМПЕТЕНЦИИ И ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ

Универсальные и(или) общепрофессиональные компетенции:

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции
--------------------------------	--

Профессиональные компетенции в соответствии с задачами и объектами (областями знаний) профессиональной деятельности:

Задача профессиональной деятельности (ЗПД)	Объект или область знания	Код и наименование профессиональной компетенции; Основание (профессиональный стандарт-ПС, анализ опыта)	Код и наименование индикатора достижения профессиональной компетенции
	эксплуатационный		
Осуществление процессов производства, передачи, распределения, преобразования, применения и управления потоками электрической энергии; разработка, изготовление и контроль качества элементов, аппаратов, устройств, систем и их компонентов, реализующих вышеперечисленные процессы.	электрические станции и подстанции; электроэнергетические системы и сети; системы электроснабжения городов, промышленных предприятий, установки высокого напряжения различного назначения, электроизоляционные материалы, конструкции и средства их диагностики, системы защиты от молнии и перенапряжений, средства обеспечения электромагнитной совместимости оборудования, высоковольтные электротехнологии; релейная защита и	ПК-4 [1] - Способен соблюдать и оценивать параметры пусковых режимов оборудования с обеспечением своевременного и безопасного включения его в работу <i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 20.012	З-ПК-4[1] - Знать: главные схемы и схемы собственных нужд электростанции, способов обеспечения нормальных режимов работы оборудования и предотвращения и/или ликвидации ненормальных и аварийных режимов; У-ПК-4[1] - Уметь: выполнять требования нормативно-технической документации, организовывать и контролировать процесс выполнения работ подчиненным оперативным персоналом смены цеха при вводе в работу турбогенераторов, трансформаторов, автотрансформаторов и шунтирующих реакторов; В-ПК-4[1] - Владеть: навыками работы с современными системами управления, сбора и передачи данных, постоянного мониторинга состояния оборудования, параметров его режима работы и их анализа

	<p>автоматизация электроэнергетических систем; электрические машины, трансформаторы, электромеханические комплексы и системы, включая их управление и регулирование; электрические и электронные аппараты, комплексы и системы электромеханических и электронных аппаратов, автоматические устройства и системы управления потоками энергии; электромагнитные системы и устройства механизмов, технологических установок и электротехнических изделий, первичных преобразователей систем измерений, контроля и управления производственными процессами; электрическая изоляция электроэнергетических и электротехнических устройств, кабельные изделия и провода, электрические конденсаторы, материалы и системы электрической изоляции электрических машин, трансформаторов, кабелей, электрических конденсаторов; электрический привод и автоматика механизмов и</p>		
--	---	--	--

	<p>технологических комплексов в различных отраслях; преобразовательные устройства, электроприводы энергетических, технологических и вспомогательных установок, их систем автоматизации, контроля и диагностики; электрическое хозяйство и сети предприятий, организаций и учреждений; электрооборудование низкого и высокого напряжения; потенциально опасные технологические процессы и производства; методы и средства защиты человека, промышленных объектов и среды обитания от антропогенного воздействия.</p>		
	<p>монтажный</p>		
<p>Осуществление процессов производства, передачи, распределения, преобразования, применения и управления потоками электрической энергии; разработка, изготовление и контроль качества элементов, аппаратов, устройств, систем и их компонентов, реализующих вышеперечисленные</p>	<p>электрические станции и подстанции; электроэнергетические системы и сети; системы электроснабжения городов, промышленных предприятий, установки высокого напряжения различного назначения, электроизоляционные материалы, конструкции и средства их диагностики, системы защиты от молнии и</p>	<p>ПК-8 [1] - Способен участвовать в монтаже элементов оборудования объектов профессиональной деятельности</p> <p><i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 20.030</p>	<p>З-ПК-8[1] - Знать: технологические процессы прокладки, монтажа силовых и контрольных кабелей по трассе действующих кабельных линий и вскрытия муфт на высоковольтных кабельных линиях; технологию выполнения технического обслуживания и ремонта оборудования объектов профессиональной деятельности;</p> <p>У-ПК-8[1] - Уметь: измерять мегомметром сопротивление изоляции электрооборудования; определять места повреждения в силовых и контрольных кабельных линиях; пользоваться электрическим, пневматическим и мерительным</p>

процессы.	перенапряжений, средства обеспечения электромагнитной совместимости оборудования, высоковольтные электротехнологии; релейная защита и автоматизация электроэнергетических систем; электрические машины, трансформаторы, электромеханические комплексы и системы, включая их управление и регулирование; электрические и электронные аппараты, комплексы и системы электромеханических и электронных аппаратов, автоматические устройства и системы управления потоками энергии; электромагнитные системы и устройства механизмов, технологических установок и электротехнических изделий, первичных преобразователей систем измерений, контроля и управления производственными процессами; электрическая изоляция электроэнергетических и электротехнических устройств, кабельные изделия и провода, электрические конденсаторы, материалы и системы электрической изоляции		инструментом при производстве электромонтажных работ; В-ПК-8[1] - Владеть: методами и способами, технологией выполнения сложных операций при монтаже оборудования с соблюдением требований проектов производства работ и технологических карт
-----------	---	--	---

	<p>электрических машин, трансформаторов, кабелей, электрических конденсаторов; электрический привод и автоматика механизмов и технологических комплексов в различных отраслях; преобразовательные устройства, электроприводы энергетических, технологических и вспомогательных установок, их систем автоматизации, контроля и диагностики; электрическое хозяйство и сети предприятий, организаций и учреждений; электрооборудование низкого и высокого напряжения; потенциально опасные технологические процессы и производства; методы и средства защиты человека, промышленных объектов и среды обитания от антропогенного воздействия.</p>		
--	--	--	--

4. ВОСПИТАТЕЛЬНЫЙ ПОТЕНЦИАЛ ДИСЦИПЛИНЫ

Направления/цели воспитания	Задачи воспитания (код)	Воспитательный потенциал дисциплин
Профессиональное воспитание	Создание условий, обеспечивающих, формирование чувства личной ответственности за научно-технологическое развитие России, за результаты исследований и их последствия	1. Использование воспитательного потенциала дисциплин профессионального модуля для формирования чувства личной ответственности за достижение лидерства России в ведущих научно-технических секторах и

	(B17)	<p>фундаментальных исследованиях, обеспечивающих ее экономическое развитие и внешнюю безопасность, посредством контекстного обучения, обсуждения социальной и практической значимости результатов научных исследований и технологических разработок. 2.Использование воспитательного потенциала дисциплин профессионального модуля для формирования социальной ответственности ученого за результаты исследований и их последствия, развития исследовательских качеств посредством выполнения учебно-исследовательских заданий, ориентированных на изучение и проверку научных фактов, критический анализ публикаций в профессиональной области, вовлечения в реальные междисциплинарные научно-исследовательские проекты.</p>
Профессиональное воспитание	Создание условий, обеспечивающих, формирование ответственности за профессиональный выбор, профессиональное развитие и профессиональные решения (B18)	Использование воспитательного потенциала дисциплин профессионального модуля для формирования у студентов ответственности за свое профессиональное развитие посредством выбора студентами индивидуальных образовательных траекторий, организации системы общения между всеми участниками образовательного процесса, в том числе с использованием новых информационных технологий.
Профессиональное воспитание	Создание условий, обеспечивающих, формирование научного мировоззрения, культуры поиска нестандартных научно-технических/практических решений, критического отношения к исследованиям лженаучного толка (B19)	1.Использование воспитательного потенциала дисциплин/практик «Научно-исследовательская работа», «Проектная практика», «Научный семинар» для: <ul style="list-style-type: none"> - формирования понимания основных принципов и способов научного познания мира, развития исследовательских качеств студентов посредством их вовлечения в исследовательские проекты по областям научных

		<p>исследований. 2.Использование воспитательного потенциала дисциплин "История науки и инженерии", "Критическое мышление и основы научной коммуникации", "Введение в специальность", "Научно-исследовательская работа", "Научный семинар" для:</p> <ul style="list-style-type: none"> - формирования способности отделять настоящие научные исследования от лженаучных посредством проведения со студентами занятий и регулярных бесед; - формирования критического мышления, умения рассматривать различные исследования с экспертной позиции посредством обсуждения со студентами современных исследований, исторических предпосылок появления тех или иных открытий и теорий.
--	--	--

5. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Разделы учебной дисциплины, их объем, сроки изучения и формы контроля:

№ п.п	Наименование раздела учебной дисциплины	Недели	Лекции/ Практ. (семинары)/ Лабораторные работы, час.	Обязат. текущий контроль (форма*, неделя)	Максимальный балл за раздел**	Аттестация раздела (форма*, неделя)	Индикаторы освоения компетенции
	<i>6 Семестр</i>						
1	Первый раздел	1-8	15/8/8		25	СК-8	З-ПК-4, У-ПК-4, В-ПК-4, З-ПК-8, У-ПК-8, В-

							ПК-8
2	Второй раздел	9-15	15/7/7		25	КИ-15	3-ПК-4, У-ПК-4, В-ПК-4, 3-ПК-8, У-ПК-8, В-ПК-8
	<i>Итого за 6 Семестр</i>		30/15/15		50		
	Контрольные мероприятия за 6 Семестр				50	Э	3-ПК-4, У-ПК-4, В-ПК-4, 3-ПК-8, У-ПК-8, В-ПК-8
	<i>7 Семестр</i>						
1	Первый раздел	1-8	16/8/8		25	СК-8	3-ПК-4, У-ПК-4, В-ПК-4, 3-ПК-8, У-ПК-8, В-ПК-8
2	Второй раздел	9-16	16/8/8		25	КИ-16	3-ПК-4, У-ПК-4, В-ПК-4, 3-ПК-8, У-ПК-8, В-ПК-8
	<i>Итого за 7 Семестр</i>		32/16/16		50		

	Контрольные мероприятия за 7 Семестр				50	Э	З-ПК-4, У-ПК-4, В-ПК-4, З-ПК-8, У-ПК-8, В-ПК-8
--	---	--	--	--	----	---	---

* – сокращенное наименование формы контроля

** – сумма максимальных баллов должна быть равна 100 за семестр, включая зачет и (или) экзамен

Сокращение наименований форм текущего контроля и аттестации разделов:

Обозначение	Полное наименование
СК	Семестровый контроль
КИ	Контроль по итогам
Э	Экзамен

КАЛЕНДАРНЫЙ ПЛАН

Недели	Темы занятий / Содержание	Лек., час.	Пр./сем., час.	Лаб., час.
	<i>6 Семестр</i>	30	15	15
1-8	Первый раздел	15	8	8
1 - 8	Состав ЭЭСиС, взаимодействие, основные параметры. Общие сведения об электроэнергетических системах и сетях. Состав ЭЭСиС, взаимодействие, основные параметры. Общие сведения об электроэнергетических системах и сетях.	Всего аудиторных часов		
		15	8	8
		Онлайн		
		0	0	0
9-15	Второй раздел	15	7	7
9 - 15	Схемы замещения элементов электроэнергетических систем и электрических сетей и их параметры. Конфигурация сетей. Схемы замещения элементов электроэнергетических систем и электрических сетей и их параметры. Конфигурация сетей.	Всего аудиторных часов		
		15	7	7
		Онлайн		
		0	0	0
	<i>7 Семестр</i>	32	16	16
1-8	Первый раздел	16	8	8
1 - 8	Коммутационное оборудование электрических станций Коммутационное оборудование электрических станций	Всего аудиторных часов		
		16	8	8
		Онлайн		
		0	0	0
9-16	Второй раздел	16	8	8

9 - 16	Системы питания собственных нужд и комплектных распределительных устройств. Системы питания собственных нужд и комплектных распределительных устройств.	Всего аудиторных часов		
		16	8	8
		Онлайн		
		0	0	0

Сокращенные наименования онлайн опций:

Обозначение	Полное наименование
ЭК	Электронный курс
ПМ	Полнотекстовый материал
ПЛ	Полнотекстовые лекции
ВМ	Видео-материалы
АМ	Аудио-материалы
Прз	Презентации
Т	Тесты
ЭСМ	Электронные справочные материалы
ИС	Интерактивный сайт

ТЕМЫ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ

Недели	Темы занятий / Содержание
	<i>6 Семестр</i>
	Автоматическое повторное включение (АПВ) линии электропередачи Автоматическое повторное включение (АПВ) линии электропередачи
	Автоматическое включение резерва питающего присоединения Автоматическое включение резерва питающего присоединения
	Анализ переходных процессов при несимметричном К.З. в электрической сети питающейся от источника бесконечной мощности Анализ переходных процессов при несимметричном К.З. в электрической сети питающейся от источника бесконечной мощности
	Анализ переходных процессов при трехфазном (симметричном) К.З. в электрической сети питающейся от источника бесконечной мощности Анализ переходных процессов при трехфазном (симметричном) К.З. в электрической сети питающейся от источника бесконечной мощности
	<i>7 Семестр</i>
	Регистрация и отображение кривой тока трехфазного короткого замыкания в электрической сети, питающейся от синхронного генератора ограниченной мощности Регистрация и отображение кривой тока трехфазного короткого замыкания в электрической сети, питающейся от синхронного генератора ограниченной мощности

Определение соотношения токов короткого замыкания различных видов при замыкании в одной и той же точке сети, питающейся от источника практически бесконечной мощности

Определение соотношения токов короткого замыкания различных видов при замыкании в одной и той же точке сети, питающейся от источника практически бесконечной мощности

6. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

При реализации программы дисциплины используются различные образовательные технологии – во время аудиторных занятий они проводятся в форме лекций и практических (семинарских) занятий. Для контроля усвоения студентом разделов данного курса и приема домашнего задания широко используются тестовые технологии, то есть специальный банк вопросов в открытой и закрытой форме, ответы на которые позволяют судить об усвоении студентом данного курса. Самостоятельная работа студентов подразумевает под собой проработку лекционного материала с использованием рекомендуемой литературы для подготовки к тестам, а также выполнение домашнего задания. Предполагается использование современных образовательных технологий: компьютерная рассылка домашних и зачётных заданий с использованием программы дистанционного обучения НИЯУ МИФИ, в которой также предлагается курс лекций и разбор опорных практических заданий.

7. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

Фонд оценочных средств по дисциплине обеспечивает проверку освоения планируемых результатов обучения (компетенций и их индикаторов) посредством мероприятий текущего, рубежного и промежуточного контроля по дисциплине.

Связь между формируемыми компетенциями и формами контроля их освоения представлена в следующей таблице:

Компетенция	Индикаторы освоения	Аттестационное мероприятие (КП 1)	Аттестационное мероприятие (КП 2)
ПК-4	З-ПК-4	Э, СК-8, КИ-15	Э, СК-8, КИ-16
	У-ПК-4	Э, СК-8, КИ-15	Э, СК-8, КИ-16
	В-ПК-4	Э, СК-8, КИ-15	Э, СК-8, КИ-16
ПК-8	З-ПК-8	Э, СК-8, КИ-15	Э, СК-8, КИ-16
	У-ПК-8	Э, СК-8, КИ-15	Э, СК-8, КИ-16
	В-ПК-8	Э, СК-8, КИ-15	Э, СК-8, КИ-16

Шкалы оценки образовательных достижений

Шкала каждого контрольного мероприятия лежит в пределах от 0 до установленного максимального балла включительно. Итоговая аттестация по дисциплине оценивается по 100-балльной шкале и представляет собой сумму баллов, заработанных студентом при выполнении заданий в рамках текущего и промежуточного контроля.

Итоговая оценка выставляется в соответствии со следующей шкалой:

Сумма баллов	Оценка по 4-ех балльной шкале	Оценка ECTS	Требования к уровню освоению учебной дисциплины
90-100	5 – «отлично»	A	Оценка «отлично» выставляется студенту, если он глубоко и прочно усвоил программный материал, исчерпывающе, последовательно, четко и логически стройно его излагает, умеет тесно увязывать теорию с практикой, использует в ответе материал монографической литературы.
85-89	4 – «хорошо»	B	Оценка «хорошо» выставляется студенту, если он твёрдо знает материал, грамотно и по существу излагает его, не допуская существенных неточностей в ответе на вопрос.
75-84		C	
70-74		D	
65-69	3 – «удовлетворительно»	E	Оценка «удовлетворительно» выставляется студенту, если он имеет знания только основного материала, но не усвоил его деталей, допускает неточности, недостаточно правильные формулировки, нарушения логической последовательности в изложении программного материала.
60-64			
Ниже 60	2 – «неудовлетворительно»	F	Оценка «неудовлетворительно» выставляется студенту, который не знает значительной части программного материала, допускает существенные ошибки. Как правило, оценка «неудовлетворительно» ставится студентам, которые не могут продолжить обучение без дополнительных занятий по соответствующей дисциплине.

8. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

ОСНОВНАЯ ЛИТЕРАТУРА:

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА:

ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ:

Специальное программное обеспечение не требуется

LMS И ИНТЕРНЕТ-РЕСУРСЫ:

<https://online.mephi.ru/>

<http://library.mephi.ru/>

9. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Специальное материально-техническое обеспечение не требуется

10. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ СТУДЕНТОВ

Студентам необходимо особо внимательно отнестись к самостоятельной работе. Данный курс предполагает наличие у студентов базовых знаний в области основ общей физики, уравнений математической физики, электротехники, английского языка, поэтому перед началом курса студентам следует ознакомиться с образовательной программой и повторить ранее пройденный материал. Важно переходить от пассивного поглощения знаний к их активному использованию и воспроизводству.

Студентам следует вести конспект лекций и практических занятий. В ходе лекции задавать уточняющие вопросы. В случае недопонимания, просить преподавателя повторять материал и регулировать скорость подачи информации. Обращать внимание на категории, формулировки, раскрывающие содержание тех или иных явлений и процессов, научные выводы и практические рекомендации.

В ходе выполнения практических заданий и выступлений необходимо опираться на рекомендуемую литературу и открытые источники, в том числе доступные в библиотеках и онлайн, в периодических изданиях и реферативных базах данных (Elibrary, Scopus и др.): журналах, газетах и т.д., онлайн платформах, таких как YouTube, VK, Coursera, EdX.

При выполнении лабораторных работ четко следовать рекомендациям учебно-вспомогательного персонала. Необходимо подготовиться к выполнению лабораторной работы путем прочтения теоретического раздела из лабораторного практикума.

При оформлении отчетов руководствоваться ГОСТ 7.32-2017. «Система стандартов по информации, библиотечному и издательскому делу. Отчёт о научно-исследовательской работе. Структура и правила оформления»

При подготовке к зачету (в конце семестра) повторять пройденный материал в строгом соответствии с учебной программой, примерным перечнем учебных вопросов, выносящихся на зачет и содержащихся в данной программе. Использовать конспект лекций и литературу, рекомендованную преподавателем. Обратит особое внимание на темы учебных занятий, пропущенных студентом по разным причинам. При необходимости обратиться за консультацией и методической помощью к преподавателю.

11. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ ПРЕПОДАВАТЕЛЕЙ

В ходе образовательного процесса необходимо руководствоваться методами активного обучения.

Рекомендуется проводить лекцию в виде открытой дискуссии, обогащать лекции видеоматериалом. В ходе лекционных занятий рекомендуется регулярно спрашивать студентов о том, как они понимают тот или иной физический процесс, просить объяснять изучаемое явление, обращаясь к студентам индивидуально. Каждые 20 минут прерывать лекцию на практическое задание. Практическое задание может включать в себя работу с разделом учебника или со свежими научными статьями. Студентам дается время на самоподготовку после чего представляется доклад на 5 минут.

Самостоятельная работа должна включать следующие виды деятельности: проработка лекционного материала; изучение по учебникам, статьям, видеоматериалам; подготовку к семинарам, практическим занятиям, лабораторным работам; подготовку докладов, выполнение практических.

При работе с практическими заданиями, выполняемыми в программных комплексах, обращать внимание студентов на связь ранее пройденной теории с проводимыми расчетами.

Тестирование знаний рекомендуется проводить на интерактивных платформах, например quizizz.com.

При подготовке учебных материалов может быть рекомендована следующая литература:

1. Физическое материаловедение [Текст] : в 8-ми т. / ред. Б. А. Калинин. - 3-е изд., перераб. - Москва : НИЯУ МИФИ.Т.1 : Физика твердого тела / Г. Н. Елманов, А. Г. Залужный, В. И. Скритный [и др.]. - [Б. м.], 2021. - 762 с. - ISBN 978-5-7262-2725-2.

2. Физическое материаловедение [Текст] : в 8-ми т. / ред. Б. А. Калинин. - 3-е изд., перераб. - Москва : НИЯУ МИФИ.Т.5 : Материалы с заданными свойствами / М. И. Алымов, М. А. Андрианова, Г. Н. Елманов [и др.]. - [Б. м.], 2021. - 698 с. - ISBN 978-5-7262-2729-0.

3. Елманов, Г.Н. Физические свойства металлов и сплавов [Электронный ресурс] : лабораторный практикум / Г. Н. Елманов, М. Г. Исаенкова, Е. А. Смирнов. - Москва : НИЯУ МИФИ, 2014. - ISBN 978-5-7262-1835-9.

4. Петрова Л.Г., Потапов М.А., Чудина О.В. Электротехнические материалы: Учебное пособие / МАДИ (ГТУ). – М., 2008. - 198 с.

Полезные видеоматериалы:

https://www.youtube.com/watch?v=qT2U_pusl1A

<https://www.youtube.com/watch?v=u36QpPvEh2c>

<https://www.youtube.com/watch?v=i83sLGRSetE&t=2s>

<https://www.youtube.com/watch?v=Vvhpjd4ZNg0>

<https://www.youtube.com/watch?v=4BYqokecDI8>

<https://www.youtube.com/watch?v=NtPc0jI21i0>

<https://www.youtube.com/watch?v=bMSXQhra6hY>

<https://www.youtube.com/watch?v=OMGdSCaMVD0>

<https://www.youtube.com/watch?v=IcrBqCFLHIY>

<https://www.youtube.com/watch?v=UJ8XW9AgUrw>

<https://www.youtube.com/watch?v=Bu52CE55BN0>

<https://www.youtube.com/watch?v=wI-qAxKJoSU>

Автор(ы):

Северюков Олег Николаевич, к.т.н., доцент