

**Министерство науки и высшего образования РФ**  
**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение**  
**высшего образования**  
**«Национальный исследовательский университет «МЭИ»**

---

Направление подготовки/специальность: 13.04.02 Электроэнергетика и электротехника

Наименование образовательной программы: Техника и электрофизика высоких напряжений

Уровень образования: высшее образование - магистратура

Форма обучения: Очная


**Рабочая программа дисциплины**  
**СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ И**  
**ПРОИЗВОДСТВА ВЫСОКОВОЛЬТНОГО ОБОРУДОВАНИЯ**

Блок:	Блок 1 «Дисциплины (модули)»
Часть образовательной программы:	Часть, формируемая участниками образовательных отношений
№ дисциплины по учебному плану:	Б1.Ч.06
Трудоемкость в зачетных единицах:	2 семестр - 3;
Часов (всего) по учебному плану:	108 часов
Лекции	2 семестр - 32 часа;
Практические занятия	не предусмотрено учебным планом
Лабораторные работы	не предусмотрено учебным планом
Консультации	2 семестр - 2 часа;
Самостоятельная работа	2 семестр - 73,5 часа;
в том числе на КП/КР	не предусмотрено учебным планом
Иная контактная работа	проводится в рамках часов аудиторных занятий
включая: Домашнее задание Реферат	
Промежуточная аттестация:	
Экзамен	2 семестр - 0,5 часа;

**Москва 2024**

**ПРОГРАММУ СОСТАВИЛ:**


Преподаватель

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Лысов Н.Ю.
	Идентификатор	Re94f0ba9-LysovNY-9dc0f249

Н.Ю. Лысов


**СОГЛАСОВАНО:**

Руководитель  
образовательной программы

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Лебедева Н.А.
	Идентификатор	R75716a03-LebedevaNA-9930664

Н.А. Лебедева

Заведующий выпускающей  
кафедрой

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Темников А.Г.
	Идентификатор	Ra0abb123-TemnikovAG-2d4db00

А.Г. Темников

## 1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

**Цель освоения дисциплины:** изучение организационных и технологических аспектов проектирования и производства электрооборудования высокого напряжения

### Задачи дисциплины

- изучение современных технологий производства электрооборудования высокого напряжения;
- формирование представлений о влиянии технологических факторов на характеристики электрооборудования высокого напряжения;
- подготовка к организации и проведению работ по проектированию электрооборудования высокого напряжения;
- подготовка к организации и проведению работ по постановке на производство новой продукции производственно-технического назначения для топливно-энергетического комплекса.

Формируемые у обучающегося **компетенции** и запланированные **результаты обучения** по дисциплине, соотнесенные с **индикаторами достижения компетенций**:

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Запланированные результаты обучения
ПК-2 Способен применять методы анализа, разрабатывать и обосновывать технические решения при проектировании объектов профессиональной деятельности (техники и электрофизики высоких напряжений)	ИД-3 <sub>ПК-2</sub> Демонстрирует понимание технологических аспектов при проектировании и производстве современного оборудования высокого напряжения	знать: <ul style="list-style-type: none"><li>- основные положения единой системы технологической документации;</li><li>- современные технологии производства литой изоляции электрооборудования высокого напряжения;</li><li>- современные технологии производства варисторов и нелинейных ограничителей перенапряжений;</li><li>- технологический цикл производства кабелей и кабелей муфт высокого напряжения с изоляцией из сшитого полиэтилена;</li><li>- современные технологии термовакuumной обработки изоляции активных частей маслонаполненного электрооборудования;</li><li>- современные технологии производства маслонаполненных силовых и измерительных трансформаторов;</li><li>- порядок проведения работ по разработке и постановке на производство продукции производственно-технического назначения для топливно-энергетического комплекса России;</li><li>- технологические аспекты производства фарфоровых, стеклянных и полимерных изоляторов.</li></ul>

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ ВО

Дисциплина относится к основной профессиональной образовательной программе Техника и электрофизика высоких напряжений (далее – ОПОП), направления подготовки 13.04.02 Электроэнергетика и электротехника, уровень образования: высшее образование - магистратура.

Требования к входным знаниям и умениям:

- знать законы распределения случайных величин
- знать принципы действия современных типов электрических машин, особенности их конструкции, уравнения, схемы замещения и характеристики
- знать конструктивное выполнение воздушных и кабельных линий электропередачи
- знать основное электротехническое и коммутационное оборудование электрических станций и подстанций
- знать основные режимы работы электрооборудования электростанций и подстанций
- знать методы расчета переходных процессов в электрических и электромеханических системах
- знать требования, предъявляемые к условиям эксплуатации изоляции линий электропередачи и аппаратов, обеспечивающих их безаварийную работу
- знать классификацию изоляции, преимущества и недостатки различных видов изоляции, области их возможного применения
- уметь самостоятельно разбираться в нормативных документах, устанавливающих требования к электрической прочности изоляции, допустимым электрическим, тепловым и механическим воздействиям
- уметь проводить оценку электрической прочности и минимальных изоляционных расстояний наиболее распространенных изоляционных конструкций
- уметь разрабатывать физико-математические модели электрооборудования с помощью уравнений в частных производных математической физики

Результаты обучения, полученные при освоении дисциплины, необходимы при выполнении выпускной квалификационной работы.

### 3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

#### 3.1 Структура дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетных единицы, 108 часов.

№ п/п	Разделы/темы дисциплины/формы промежуточной аттестации	Всего часов на раздел	Семестр	Распределение трудоемкости раздела (в часах) по видам учебной работы										Содержание самостоятельной работы/ методические указания		
				Контактная работа							СР					
				Лек	Лаб	Пр	Консультация		ИКР		ПА	Работа в семестре	Подготовка к аттестации /контроль			
КПР	ГК	ИККП	ТК													
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15		
1	Технологическая подготовка производства	12	2	4	-	-	-	-	-	-	-	8	-	<p><b><u>Подготовка домашнего задания:</u></b> Подготовка проекта технического задания на разработку измерительного трансформатора напряжения</p> <p><b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Изучение дополнительного материала по разделу "Технологическая подготовка производства"</p> <p><b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [3], стр. 4-12, 31-42, 67-71 [4], глава 1 [6], с.25-40</p>		
1.1	Технологическая подготовка производства	12		4	-	-	-	-	-	-	-	8	-			
2	Производство силовых и измерительных маслонаполненных трансформаторов	24		12	-	-	-	-	-	-	-	-	12		-	<p><b><u>Подготовка реферата:</u></b> Технологические этапы производства силовых и измерительных маслонаполненных трансформаторов</p> <p><b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Изучение дополнительного материала по разделу "Производство силовых и измерительных маслонаполненных трансформаторов"</p> <p><b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [1], стр. 151-169, 186-194, 372-387</p>
2.1	Производство силовых и измерительных маслонаполненных трансформаторов	24		12	-	-	-	-	-	-	-	-	12		-	
3	Технологии производства электрооборудования	36		16	-	-	-	-	-	-	-	20	-	<p><b><u>Подготовка реферата:</u></b> Технологические этапы производства электрооборудования распределительных устройств</p>		

	распределительных устройств													<u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> Изучение дополнительного материала по разделу "Технологии производства электрооборудования распределительных устройств" <u>Изучение материалов литературных источников:</u> [2], главы 1 и 2 [5], главы 1 и 3
3.1	Технологии производства электрооборудования распределительных устройств	36	16	-	-	-	-	-	-	-	20	-		
	Экзамен	36.0	-	-	-	-	2	-	-	0.5	-	33.5		
	Всего за семестр	108.0	32	-	-	-	2	-	-	0.5	40	33.5		
	Итого за семестр	108.0	32	-	-	2	-	-	-	0.5	73.5			

**Примечание:** Лек – лекции; Лаб – лабораторные работы; Пр – практические занятия; КПП – аудиторные консультации по курсовым проектам/работам; ИККП – индивидуальные консультации по курсовым проектам/работам; ГК- групповые консультации по разделам дисциплины; СР – самостоятельная работа студента; ИКР – иная контактная работа; ТК – текущий контроль; ПА – промежуточная аттестация

## **3.2 Краткое содержание разделов**

### 1. Технологическая подготовка производства

#### 1.1. Технологическая подготовка производства

Единая система технологической документации (ЕСТД). Назначение комплекса документов ЕСТД. Состав и классификация документов. Порядок разработки и постановки на производство продукции производственно-технического назначения для топливно-энергетического комплекса. Основные действия заказчика, разработчика и изготовителя продукции. Стадии разработки изделия. Составление технического задания. Основные работы, выполняемые на стадии технического предложения, эскизного проекта, технического проекта. Производственные цехи заводов. Отдел главного технолога..

### 2. Производство силовых и измерительных маслонаполненных трансформаторов

#### 2.1. Производство силовых и измерительных маслонаполненных трансформаторов

Изготовление изоляционных деталей маслонаполненных трансформаторов. Методы технологической обработки электроизоляционного картона. Характеристики электроизоляционных картонов по стандартам ГОСТ и МЭК. Изготовление обмоток. Классификация обмоток силовых трансформаторов и технология их производства. Классификация обмоточных проводов и технологические способы их соединения. Технологические этапы изготовления магнитопроводов. Классификация электротехнических сталей. Сборка силовых трансформаторов. Особенности производства измерительных трансформаторов тока и напряжения. Химический состав и производство трансформаторных масел. Физические показатели качества трансформаторных масел: показатель преломления, цвет на колориметре ЦНТ, вязкость, плотность, температура застывания, температура вспышки, содержание механических примесей. Методы их измерения и контроля. Химические показатели качества трансформаторных масел: зольность, содержание водорастворимых кислот и щелочей, натровая проба, содержание серы, коррозионное воздействие на пластинки из меди, стабильность против окисления, кислотное число, содержание ионола, содержание растворимого шлама. Методы их измерения и контроля. Электрические показатели качества трансформаторных масел: пробивное напряжение, тангенс угла диэлектрических потерь. Методы их измерения и контроля. Влагосодержание трансформаторных масел. Состояния воды в бумажно-масляной изоляции. Измерение влагосодержания по методу Карла Фишера. Целлюлоза как основа изоляции маслонаполненных трансформаторов. Технологические этапы производства сульфатной целлюлозы. Вакуумная сушка бумажной изоляции. Способы подвода тепла к бумажной изоляции. Температура сушки. Глубина вакуума. Пропитка бумажной изоляции. Вакуум-дегазационные установки, состав и назначение. Механические и пароструйные вакуумные насосы. Контроль сушки и пропитки. Вакуумная сушка и пропитка конденсаторов и трансформаторов..

### 3. Технологии производства электрооборудования распределительных устройств

#### 3.1. Технологии производства электрооборудования распределительных устройств

Кабели с изоляцией из сшитого полиэтилена (СПЭ). Достоинства и недостатки СПЭ-изоляции. Конструкции кабелей. Технологические этапы производства кабелей с СПЭ-изоляцией. Производство проволоки. Волоочильные машины. Технологии производства жил кабелей. Крутильные машины. Жилы типа «Милликен». Линия сборки секторов. Силанольная и пероксидная сшивки полиэтилена. Достоинства и недостатки. Экструзионные линии непрерывной вулканизации. Горизонтальные, вертикальные и наклонные линии. Устройство экструдера. Системы подачи материала – «чистая комната». Наложение экранов,

водоблокирующих лент, наложение оболочек. Классификация муфт для кабелей с СПЭ-изоляцией по типу изготовления изоляции и по типу монтажа. Управление электрическим полем в соединительных и концевых кабельных муфтах. Изготовление проводящих и изоляционных частей кабельных муфт. Последовательность сборки соединительных муфт. Последовательность сборки концевых муфт. Материал оксидно-цинковых варисторов ОПН. Технологический цикл производства варисторов. Типовые конструкции ОПН 6–10 кВ и 35–110 кВ, технологические аспекты их изготовления. Технологический цикл производства ОПН. Комплектовка ОПН. Приемно-сдаточные испытания. Квалификационные испытания. Наиболее распространенные дефекты изготовления ОПН. Изделия из эпоксидных компаундов. Основные компоненты эпоксидных компаундов. Отвержение эпоксидных компаундов. Усадка литой изоляции, усадочные и температурные напряжения и методы создания буферных прослоек. Изоляционная прочность литой эпоксидной изоляции и методы создания экранов. Способы фиксирования деталей в изделиях с изоляцией из эпоксидного компаунда. Основные требования к изделиям из электротехнического фарфора. Приготовление фарфоровых масс и глазурей. Оформление изоляторов. Сушка и глазурирование изоляторов. Обжиг и армирование фарфоровых изоляторов. Стекловолоконные изоляторы. Технология изготовления. Составление шихты, варка стекломассы и формирование изоляторов. Огневая полировка, выравнивание, закалка изоляторов. Термоконтроль и гидрофобизация стеклодеталей, армирование изоляторов. Длинностержневые полимерные изоляторы. Производство кремнийорганических изоляционных покрышек. Герметизация. Тройная точка..

### **3.3. Темы практических занятий**

не предусмотрено

### **3.4. Темы лабораторных работ**

не предусмотрено

### **3.5 Консультации**

#### *Групповые консультации по разделам дисциплины (ГК)*

1. Обсуждение материалов по разделу "Технологическая подготовка производства"
2. Обсуждение материалов по разделу "Производство силовых и измерительных маслонаполненных трансформаторов"
3. Обсуждение материалов по разделу "Технологии производства электрооборудования распределительных устройств"

### **3.6 Тематика курсовых проектов/курсовых работ**

Курсовой проект/ работа не предусмотрены



### 3.7. Соответствие разделов дисциплины и формируемых в них компетенций

Запланированные результаты обучения по дисциплине (в соответствии с разделом 1)	Коды индикаторов	Номер раздела дисциплины (в соответствии с п.3.1)			Оценочное средство (тип и наименование)
		1	2	3	
<b>Знать:</b>					
технологические аспекты производства фарфоровых, стеклянных и полимерных изоляторов	ИД-3ПК-2			+	Реферат/Технологические этапы производства электрооборудования распределительных устройств
порядок проведения работ по разработке и постановке на производство продукции производственно-технического назначения для топливно-энергетического комплекса России	ИД-3ПК-2	+			Домашнее задание/Порядок разработки и постановки на производство продукции производственно-технического назначения
современные технологии производства маслонаполненных силовых и измерительных трансформаторов	ИД-3ПК-2		+		Реферат/Технологические этапы производства силовых и измерительных маслонаполненных трансформаторов
современные технологии термовакuumной обработки изоляции активных частей маслонаполненного электрооборудования	ИД-3ПК-2		+		Реферат/Технологические этапы производства силовых и измерительных маслонаполненных трансформаторов
технологический цикл производства кабелей и кабелей муфт высокого напряжения с изоляцией из сшитого полиэтилена	ИД-3ПК-2			+	Реферат/Технологические этапы производства электрооборудования распределительных устройств
современные технологии производства варисторов и нелинейных ограничителей перенапряжений	ИД-3ПК-2			+	Реферат/Технологические этапы производства электрооборудования распределительных устройств
современные технологии производства литой изоляции электрооборудования высокого напряжения	ИД-3ПК-2			+	Реферат/Технологические этапы производства электрооборудования распределительных устройств
основные положения единой системы технологической документации	ИД-3ПК-2	+			Домашнее задание/Порядок разработки и постановки на производство продукции производственно-технического назначения

## **4. КОМПЕТЕНТНОСТНО-ОРИЕНТИРОВАННЫЕ ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (ТЕКУЩИЙ КОНТРОЛЬ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНАЯ АТТЕСТАЦИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ)**

### **4.1. Текущий контроль успеваемости**

**2 семестр**

Форма реализации: Проверка задания

1. Порядок разработки и постановки на производство продукции производственно-технического назначения (Домашнее задание)

Форма реализации: Проверка качества оформления задания

1. Технологические этапы производства силовых и измерительных маслонаполненных трансформаторов (Реферат)
2. Технологические этапы производства электрооборудования распределительных устройств (Реферат)

Балльно-рейтинговая структура дисциплины является приложением А.

### **4.2 Промежуточная аттестация по дисциплине**

*Экзамен (Семестр №2)*

Итоговая оценка выставляется на основе критериев оценивания заданий промежуточного контроля

В диплом выставляется оценка за 2 семестр.

**Примечание:** Оценочные материалы по дисциплине приведены в фонде оценочных материалов ОПОП.

## **5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **5.1 Печатные и электронные издания:**

1. Силовые трансформаторы : справочная книга / Ред. С. Д. Лизунов, А. К. Лоханин . – М. : Энергоиздат, 2004 . – 616 с. - ISBN 5-9807300-4-4 .;
2. Кабели и провода. Основы кабельной техники / А. И. Балашов, [и др.] ; Ред. И. Б. Пешков . – М. : Энергоатомиздат, 2009 . – 470 с. - ISBN 978-5-283-03305-1 .;
3. Единая система технологической документации : Справ.пособие / Е. А. Лобода, и др. – М. : Изд-во стандартов, 1992 . – 325 с. : 6.25 .;
4. Единая система конструкторской документации : справочное пособие / С. С. Борушек, [и др.] . – 2-е изд., перераб. и доп. – М. : Изд-во стандартов, 1989 . – 352 с.;
5. Ограничители перенапряжений в электроустановках 6-750 кВ : Методическое и справочное пособие / М. А. Аронов, и др. – М. : Знак, 2001 . – 240 с.;
6. П. А. Юриков- "Перенапряжения и электрическая прочность высоковольтной изоляции", Издательство: "Энергия", Москва, Ленинград, 1964 - (72 с.)  
<https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=118034>.

### **5.2 Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение:**

1. Office / Российский пакет офисных программ;
2. Windows / Операционная система семейства Linux;
3. Видеоконференции (Майнд, Сберджаз, ВК и др).

### 5.3 Интернет-ресурсы, включая профессиональные базы данных и информационно-справочные системы:

1. ЭБС Лань - <https://e.lanbook.com/>
2. ЭБС "Университетская библиотека онлайн" - [http://biblioclub.ru/index.php?page=main\\_ub\\_red](http://biblioclub.ru/index.php?page=main_ub_red)
3. Научная электронная библиотека - <https://elibrary.ru/>
4. Электронная библиотека МЭИ (ЭБ МЭИ) - <http://elib.mpei.ru/login.php>

### 6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Тип помещения	Номер аудитории, наименование	Оснащение
Учебные аудитории для проведения лекционных занятий и текущего контроля	Д-4, Компьютерный класс каф. "ТЭВН"	стол компьютерный, мультимедийный проектор, экран, доска маркерная передвижная, компьютер персональный, принтер
	Д-205, Учебная аудитория	парта со скамьей, стол преподавателя, стул, доска меловая
Учебные аудитории для проведения практических занятий, КР и КП	Д-4, Компьютерный класс каф. "ТЭВН"	стол компьютерный, мультимедийный проектор, экран, доска маркерная передвижная, компьютер персональный, принтер
	Д-205, Учебная аудитория	парта со скамьей, стол преподавателя, стул, доска меловая
Учебные аудитории для проведения лабораторных занятий	Д-4, Компьютерный класс каф. "ТЭВН"	стол компьютерный, мультимедийный проектор, экран, доска маркерная передвижная, компьютер персональный, принтер
Учебные аудитории для проведения промежуточной аттестации	Д-205, Учебная аудитория	парта со скамьей, стол преподавателя, стул, доска меловая
Помещения для самостоятельной работы	НТБ-201, Компьютерный читальный зал	стол компьютерный, стул, стол письменный, вешалка для одежды, компьютерная сеть с выходом в Интернет, компьютер персональный, принтер, кондиционер
Помещения для консультирования	Д-207, Учебная аудитория	парта со скамьей, стол преподавателя, стул, доска меловая
Помещения для хранения оборудования и учебного инвентаря	Д-12, Кладовая	стеллаж, стол, стул

## БАЛЛЬНО-РЕЙТИНГОВАЯ СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

### Современные технологии проектирования и производства высоковольтного оборудования

(название дисциплины)

#### 2 семестр

**Перечень контрольных мероприятий текущего контроля успеваемости по дисциплине:**

- КМ-1 Порядок разработки и постановки на производство продукции производственно-технического назначения (Домашнее задание)
- КМ-2 Технологические этапы производства силовых и измерительных маслонаполненных трансформаторов (Реферат)
- КМ-3 Технологические этапы производства электрооборудования распределительных устройств (Реферат)

**Вид промежуточной аттестации – Экзамен.**

Номер раздела	Раздел дисциплины	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3
		Неделя КМ:	4	8	12
1	Технологическая подготовка производства				
1.1	Технологическая подготовка производства		+		
2	Производство силовых и измерительных маслонаполненных трансформаторов				
2.1	Производство силовых и измерительных маслонаполненных трансформаторов			+	
3	Технологии производства электрооборудования распределительных устройств				
3.1	Технологии производства электрооборудования распределительных устройств				+
Вес КМ, %:			30	30	40