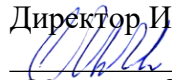


МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования  
«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

УТВЕРЖДАЮ

Директор ИШЭ

 Матвеев А.С.

«30» июня 2020 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**  
**ПРИЕМ 2020 г.**  
**ФОРМА ОБУЧЕНИЯ очная**

**Энергетическое оборудование высокого напряжения и его надежность**

|                                                         |                                                          |            |          |
|---------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------|------------|----------|
| Направление подготовки/<br>специальность                | <b>13.03.02 Электроэнергетика и электротехника</b>       |            |          |
| Образовательная программа<br>(направленность (профиль)) | <b>Электроэнергетика</b>                                 |            |          |
| Специализация                                           | <b>Высоковольтные электроэнергетика и электротехника</b> |            |          |
| Уровень образования                                     | <b>высшее образование - бакалавриат</b>                  |            |          |
| Курс                                                    | <b>4</b>                                                 | семестр    | <b>8</b> |
| Трудоемкость в кредитах<br>(зачетных единицах)          | <b>3</b>                                                 |            |          |
| Виды учебной деятельности                               | <b>Временной ресурс</b>                                  |            |          |
| Контактная (аудиторная)<br>работа, ч                    | Лекции                                                   | <b>11</b>  |          |
|                                                         | Практические занятия                                     | <b>11</b>  |          |
|                                                         | Лабораторные занятия                                     | <b>22</b>  |          |
|                                                         | <b>ВСЕГО</b>                                             | <b>44</b>  |          |
| Самостоятельная работа, ч                               |                                                          | <b>64</b>  |          |
| <b>ИТОГО, ч</b>                                         |                                                          | <b>108</b> |          |

|                                 |                |                                 |                |
|---------------------------------|----------------|---------------------------------|----------------|
| Вид промежуточной<br>аттестации | <b>Экзамен</b> | Обеспечивающее<br>подразделение | <b>ОЭЭ ИШЭ</b> |
|---------------------------------|----------------|---------------------------------|----------------|

|                                                                            |                                                                                     |                 |
|----------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|
| И.о. заведующего кафедрой –<br>руководителя отделения<br>на правах кафедры |  | Ивашутенко А.С. |
| Руководитель ООП                                                           |  | Шестакова В.В.  |
| Преподаватель                                                              |  | Юшков А.Ю.      |

2020 г.

## 1. Цели освоения дисциплины

Целями освоения дисциплины является формирование у обучающихся определенного ООП (п. 5 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                                                                                                       |
| ПК(У) -2.       | Способен составить конкурентно-способные варианты технических решений при проектировании объектов профессиональной деятельности                                                     | И.ПК(У)-2.1.                      | Обосновывает выбор целесообразного решения задач проектирования электроустановок и аппаратов различных типов     | ПК(У)-2.1В3                                                 | Владеет навыками по выбору высоковольтного оборудования и изоляции применяемой в нем                               |
|                 |                                                                                                                                                                                     |                                   |                                                                                                                  | ПК(У)-2.1У3                                                 | Умеет выявлять факторы, влияющие на надежность работы высоковольтного оборудования                                 |
|                 |                                                                                                                                                                                     |                                   |                                                                                                                  | ПК(У)-2.1З3                                                 | Знает назначение и области применения оборудования высокого напряжения                                             |
| ПК(У) - 4.      | Способен контролировать техническое состояние объектов профессиональной деятельности, организовывать профилактический осмотр и текущий ремонт по имеющейся технической документации | И.ПК(У)-4.2.                      | Применяет методы и технические средства для испытаний и диагностики электроустановок и аппаратов различных типов | ПК(У)-4.1В2                                                 | Владеет опытом освоения электроустановок и аппаратов различных типов по мере их внедрения                          |
|                 |                                                                                                                                                                                     |                                   |                                                                                                                  | ПК(У)-4.1У2                                                 | Умеет разбирать и собирать механические и электрические части электроустановок и аппаратов различных типов         |
|                 |                                                                                                                                                                                     |                                   |                                                                                                                  | ПК(У)-4.1З2                                                 | Знает порядок выполнения работ по техническому обслуживанию и ремонту электроустановок и аппаратов различных типов |

## 2. Место дисциплины (модуля) в структуре ООП

Дисциплина относится к вариативной 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                                          | Применяет знания для выбора электротехнического оборудования                                                            | И.ПК(У)-2.1                      |
| РД 2                                          | Применяет знания и методы и средства испытаний электротехнических материалов                                            | И.ПК(У)-4.2                      |
| РД 3                                          | Уметь анализировать информацию о состоянии объекта из технической документации, а также с получаемую с помощью приборов | И.ПК(У)-4.2                      |

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.<br>Общие сведения об энергетическом оборудовании высокого напряжения                    | РД1, РД2                                     | Лекции                    | 1                 |
|                                                                                                   |                                              | Практические занятия      | 1                 |
|                                                                                                   |                                              | Лабораторные занятия      | 2                 |
|                                                                                                   |                                              | Самостоятельная работа    | 10                |
| Раздел 2.<br>Основные принципы разработки и изготовления электрооборудования высокого напряжения  | РД2                                          | Лекции                    | 4                 |
|                                                                                                   |                                              | Практические занятия      | 4                 |
|                                                                                                   |                                              | Лабораторные занятия      | 8                 |
|                                                                                                   |                                              | Самостоятельная работа    | 20                |
| Раздел 3.<br>Электрооборудование высокого напряжения, применяемое в электроэнергетике             | РД1, РД2                                     | Лекции                    | 4                 |
|                                                                                                   |                                              | Практические занятия      | 4                 |
|                                                                                                   |                                              | Лабораторные занятия      | 8                 |
|                                                                                                   |                                              | Самостоятельная работа    | 20                |
| Раздел 4.<br>Общие сведения о теории надежности технических систем и электроэнергетических систем | РД3                                          | Лекции                    | 2                 |
|                                                                                                   |                                              | Практические занятия      | 2                 |
|                                                                                                   |                                              | Лабораторные занятия      | 4                 |
|                                                                                                   |                                              | Самостоятельная работа    | 14                |

Содержание разделов дисциплины:

#### **Раздел 1. Общие сведения об энергетическом оборудовании высокого напряжения**

Основные причины возникновения аварийных режимов на объектах электроэнергетики и электротехники, вызванные выходом из строя основного электротехнического оборудования. Классификация, назначение, области применения различных видов оборудования высокого напряжения. Тенденции в области разработки новых конструкций высоковольтного оборудования. Основные проблемы совершенствования и развития высоковольтного энергетического оборудования. Влияние работы высоковольтного оборудования на окружающую среду.

##### **Темы лекций:**

1. Общие сведения об энергетическом оборудовании высокого напряжения.

##### **Темы практических занятий:**

1. Основные показатели надежности электротехнического оборудования.

##### **Названия лабораторных работ:**

1. Вводное занятие, знакомство с высоковольтными лабораториями, правила техники безопасности при работе в лаборатории. Требования к отчетам по лабораторным работам.

#### **Раздел 2. Основные принципы разработки и изготовления электрооборудования высокого напряжения**

Классификация изоляционных конструкций, основные определения и нормы. Понятие о видах изоляции, видах электрического разряда. Конструктивные элементы высоковольтных элементов. Факторы, влияющие на электрическую прочность элементов высоковольтных конструкций.

Расчет изоляционных промежутков в воздухе при атмосферном и повышенном давлении, при пониженном давлении и в вакууме. Особенности расчета изоляционных промежутков в трансформаторном масле. Бумажно-масляная, маслосодержащая и твердая бумажная изоляция. Подход к расчету изоляторов. Применение экранов, ребер, полупроводящих покрытий для повышения разрядных напряжений в электрических конструкциях.

**Темы лекций:**

1. Классификация изоляционных конструкций.
2. Расчет высоковольтной изоляции в разных средах.

**Темы практических занятий:**

1. Основные показатели надежности электротехнического оборудования.
2. Статистическая обработка результатов измерений и наблюдений.

**Названия лабораторных работ:**

1. Изучение зависимости электрической прочности жидких диэлектриков от температуры.
2. Изучение зависимости электрической прочности твердых диэлектриков от температуры.

**Раздел 3. Электрооборудование высокого напряжения, применяемое в электроэнергетике**

Основное оборудование, применяемое для генерирования электрической энергии. Классы генерирования напряжения. Генераторы переменного тока промышленной частоты. Генераторы постоянного тока. Специальные установки высокого напряжения для генерирования токов высокой и низкой частоты. Проблемы эксплуатации и высоковольтной изоляции генераторов разных типов.

Электрооборудование высокого напряжения для преобразования электрической энергии. Устройство изоляции силовых трансформаторов. Назначение, классификация и основные параметры. Трансформаторы тока и напряжения. Назначение классификация и основные параметры. Конструкции обмоток трансформаторов тока и напряжения.

Коммутационное оборудование, применяемое в электроэнергетических системах. Разъединители. Конструкция, номенклатура, типоразмеры. Отделители и короткозамыкатели. Выключатели. Типы выключателей. Классификация выключателей по принципу дугогашения. Основные типоразмеры выключателей (по типу дугогасительной среды): электромагнитные, воздушные, элегазовые, масляные, маломасляные, вакуумные.

Оборудование специального назначения. Реакторы. Конструкция, номенклатура, типоразмеры. Дугогасительные катушки. Высоковольтные конденсаторы. Ограничители перенапряжений.

**Темы лекций:**

1. Основное оборудование, применяемое для генерирования и трансформации электрической энергии.
2. Коммутационные аппараты и оборудование специального назначения.

**Темы практических занятий:**

1. Функции распределения вероятности.
2. Наработка на отказ. Интенсивность отказов.

**Названия лабораторных работ:**

1. Исследование электромеханических характеристик высоковольтного выключателя.
2. Исследование переходного сопротивления размыкаемых контактов.
3. Испытание высоковольтного выключателя на нагрев при продолжительном режиме работы.

**Раздел 4. Общие сведения о теории надежности в энергетике**

Общие сведения о теории надежности технических систем. Задачи надежности при их проектировании и эксплуатации. Основные особенности электроэнергетических систем с точки зрения теории надежности. Методы и средства обеспечения надежности в электроэнергетической системе.

### **Темы лекций:**

1. Теория надежности в энергетике.

### **Темы практических занятий:**

1. Надежность элемента и системы, эксплуатируемых до первого отказа.

## **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;
- Выполнение домашних заданий;
- Подготовка к лабораторным работам, к практическим и семинарским занятиям;
- Подготовка к оценивающим мероприятиям.

## **6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины**

### **6.1. Учебно-методическое обеспечение**

Основная литература:

1. Рожкова, Лениза Дмитриевна. Электрооборудование станций и подстанций : учебник для техникумов / Л. Д. Рожкова, В. С. Козулин. — 4-е изд., стер. — Екатеринбург: АТП, 2015. — 648 с.: ил. URL: <https://www.twirpx.com/file/1668582/>;

2. Бортник И.М., Электрофизические основы техники высоких напряжений : учебник для вузов / И.М. Бортник и др.; под общ. ред. И.П. Верещагина - М. : Издательский дом МЭИ, 2016. - Текст : электронный // ЭБС "Консультант студента" : [сайт]. - URL : <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785383010174.html> (дата обращения: 19.06.2019). - Режим доступа : по подписке;

3. Техника высоких напряжений : учебник / И. М. Богатенков [и др.]; под ред. Г. С. Кучинского. — Екатеринбург: АТП, 2015. — 606 с.: ил.. — Текст : непосредственный.

Дополнительная литература:

1. Важов В. Ф. Техника высоких напряжений: Учебник: Национальный исследовательский Томский политехнический университет. — 1. — Москва: ООО "Научно-издательский центр ИНФРА-М", 2018. — Заглавие с титульного экрана. — Схема доступа: <http://new.znaniy.com/go.php?id=942749> (дата обращения: 19.06.2019) Режим доступа: из корпоративной сети ТПУ. — Текст: электронный;

2. Лавринович В. А. Техника высоких напряжений: виртуальный лабораторный комплекс [Электронный ресурс] / В. А. Лавринович, М. Т. Пичугина; Национальный исследовательский Томский политехнический университет (ТПУ). — Электрон. — Томск: ТПУ Moodle, 2014. — Заглавие с экрана. — Схема доступа: <http://lms.tpu.ru/course/view.php?id=10184>;

3. Лавринович, Валерий Александрович. Высоковольтные испытательные установки и измерения: учебное пособие / В. А. Лавринович ; Национальный исследовательский Томский политехнический университет (ТПУ). — Томск: Изд-во ТПУ, 2010. — 98 с.: ил.. - Текст : непосредственный.

### **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<br>634034, Томская область, г. Томск, Усова улица, 7, 330                       | Доска аудиторная настенная - 1 шт.; Комплект учебной мебели на 36 посадочных мест;<br>Компьютер - 1 шт.; Телевизор - 1 шт.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| 2. | Аудитория для проведения учебных занятий всех типов, курсового проектирования, консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации<br>634034, Томская область, г. Томск, Усова улица, 7, 345                       | Доска аудиторная настенная - 1 шт.; Комплект учебной мебели на 32 посадочных мест;<br>Компьютер - 1 шт.; Телевизор - 1 шт.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| 3. | Аудитория для проведения учебных занятий всех типов, курсового проектирования, консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации (учебная лаборатория)<br>634034, Томская область, г. Томск, Усова улица, 7, 071 | Стенд лабораторный - 3 шт.; Осциллограф GOS-620FG - 3 шт.; Выдвижной элемент шкафа КМ-1КФ с вакуумным выключателем ВВ/TEL-10-20/1000 УХЛ2 - 1 шт.; Измеритель ИПМ-101 - 1 шт.; Установка для исследования закона Пашена - 1 шт.; Киловольтметр С-100 - 3 шт.; М-03 Метеостанция - 1 шт.; Мост постоянного тока Р 3009 - 1 шт.; Мост электрических сопротивлений Р-5026М - 1 шт.; Установка для высоковольтных испытаний жидких диэлектриков - 1 шт.; Трансформатор высоковольтный испытательный ИОМ-100/25 - 1 шт.; Генератор импульсных напряжений на 1 МВ с блоком питания - 1 шт.; Осциллограф Uni-T UTD2025CL - 2 шт.; Комплект учебной мебели на 8 посадочных мест; Шкаф для одежды - 1 шт.; |

Рабочая программа составлена на основе Общей характеристики образовательной программы «Электроэнергетика» / специализация «Высоковольтные электроэнергетика и электротехника» по направлению 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника» (прием 2020 г., очная форма обучения).

### Разработчик:

| Должность      | Степень, звание | ФИО        |
|----------------|-----------------|------------|
| Доцент ОЭЭ ИШЭ | к.т.н.          | Юшков А.Ю. |

Программа одобрена на заседании отделения электроэнергетики и электротехники ИШЭ (протокол от 25 июня 2020 г. № 7).

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

 / Ивашутенко А.С./

**Лист изменений рабочей программы дисциплины:**

| <b>Учебный<br/>год</b>   | <b>Содержание /изменение</b>                                                                                               | <b>Обсуждено на<br/>заседании ОЭЭ</b> |
|--------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------|
| 2021/2022<br>учебный год | 1. Обновлен перечень профессиональных баз данных и информационно-справочных систем.<br>2.Обновлено программное обеспечение | От 11.05.2021 г.<br>№ 6/1             |
| 2022/2023<br>учебный год | 1. Обновлен перечень профессиональных баз данных и информационно-справочных систем.                                        | От 29.06.2022 г.<br>№ 6               |